

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E ENGENHARIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

DIEGO PEREIRA DO COUTO

CULTIVARES DE MILHO NO ESPÍRITO SANTO: CARACTERES AGRONÔMICOS,  
ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE.

ALEGRE  
2021

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E ENGENHARIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

DIEGO PEREIRA DO COUTO

CULTIVARES DE MILHO NO ESPÍRITO SANTO: CARACTERES AGRONÔMICOS,  
ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Adésio Ferreira

Coorientadores: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Marcia Flores da Silva Ferreira

Dr. Wagner Bastos dos Santos Oliveira

Dr<sup>a</sup>. Sheila Cristina Prucoli Posse

ALEGRE  
2021

Ficha catalográfica disponibilizada pelo Sistema Integrado de  
Bibliotecas - SIBI/UFES e elaborada pelo autor

---

C871c Couto, Diego Pereira do, 1988-  
Cultivares de milho no Espírito Santo: caracteres  
agronômicos, adaptabilidade e estabilidade / Diego Pereira do  
Couto. - 2021.  
75 f. : il.

Orientador: Adésio Ferreira.

Coorientadores: Marcia Flores da Silva Ferreira, Wagner  
Bastos dos Santos Oliveira, Sheila Cristina Prucoli Posse.  
Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade  
Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias e  
Engenharias.

1. Milho. 2. Diversidade. 3. Estabilidade. 4. Produtividade.  
I. Ferreira, Adésio. II. Flores da Silva Ferreira, Marcia. III.  
Bastos dos Santos Oliveira, Wagner. IV. Prucoli Posse, Sheila  
Cristina. V. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de  
Ciências Agrárias e Engenharias. VI. Título.

CDU: 63

---


DIEGO PEREIRA DO COUTO

Cultivares de milho no Espírito Santo: caracteres agronômicos, adaptabilidade e estabilidade

Dissertação de Mestrado apresentado ao Programa de Pós-graduação em Agronomia do Centro de ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Agronomia.

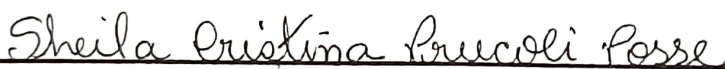
Alegre -ES, 23 de fevereiro de 2021

COMISSÃO EXAMINADORA:



---

Prof. Dr. Adésio Ferreira  
Universidade Federal do Espírito Santo  
(Orientador)



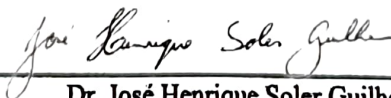
---

Dr<sup>a</sup>. Sheila Cristina Prucoli Posse  
Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural – INCAPER  
(Coorientadora)



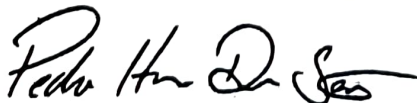
---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>. Marcia Flores da Silva Ferreira  
Universidade Federal do Espírito Santo  
(Membro interno ao programa)



---

Dr. José Henrique Soler Guilhen  
Embrapa Milho e Sorgo  
(Examinador externo ao Programa)



---

Dr. Pedro Henrique Dias dos Santos  
Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro  
(Examinador externo ao Programa)

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por todas as graças concedidas;

A meus pais, que sem o imenso sacrifício e apoio, eu jamais teria realizado as conquistas alcançadas até hoje. O meu agradecimento mais especial!

Ao orientador professor Dr. Adésio Ferreira, por todos os ensinamentos, apoio, paciência e incentivo sem os quais não teria chegado à metade do caminho nessa etapa de minha vida;

A coorientadora Professora Dr<sup>a</sup>. Marcia Flores da Silva Ferreira, por todo apoio, ensinamentos e entusiasmo contagiante que nos anima a seguir em frente, sempre à disposição com carinho e atenção;

A coorientadora Dr<sup>a</sup>. Sheila Cristina Prucoli Posse, pela parceria e pelo apoio no desenvolvimento deste projeto, sempre disponível a ajudar;

Ao coorientador Dr. Wagner Bastos dos Santos Oliveira. Presente em todos os momentos, sempre à disposição para ensinar e ajudar no que fosse necessário. Agradeço todo apoio e ensinamentos nesses dois anos de convivência. Mais que uma orientação, uma amizade de irmão;

Ao INCAPER pela importante parceria para realização deste projeto. Agradeço as equipes das fazendas experimentais de Linhares, Venda Nova do Imigrante e Bananal do Norte pela sempre disposição e grande ajuda na condução dos experimentos;

Aos amigos do grupo Genética e Biometria pelo apoio, momentos de alegria e por serem uma verdadeira família;

Aos órgãos de fomento FAPES, CNPQ e CAPES, pelo financiamento e concessão da bolsa de pesquisa;

A Universidade Federal do Espírito Santo – UFES e ao Programa de Pós-graduação em Agronomia pela oportunidade de realizar este trabalho;

A todos que direta ou indiretamente estiveram presentes e contribuíram para realização deste trabalho.

## RESUMO

O milho (*Zea mays* L.) é um dos principais cereais cultivados no mundo. Em alguns países é base alimentar para população. Possui grande variabilidade genética sobretudo quando se trata das cultivares crioulas. Estas, vem se adaptando as condições de cada região onde são cultivadas podem trazer para as cultivares modernas, melhor desempenho, fazendo-as adquirir resistência ou tolerância a adversidades existentes. O milho é cultivado em todas as regiões do Brasil havendo interferência, positiva ou negativamente, em seu desenvolvimento e produtividade. Objetivou-se com este trabalho caracterizar morfológicamente cultivares de milho do Espírito Santo e identificar materiais adaptáveis e estáveis para as diferentes regiões de cultivo do estado. Para as avaliações de morfologia foi instalado um experimento em DBC, com três repetições, com três fileiras de 2 metros, espaçadas de 1 metro entre si e 0,20 metros entre plantas. A fileira central constituiu a parcela útil. Foram avaliadas 13 cultivares de milho, sendo nove crioulas e quatro comerciais e, mais quatro híbridos comerciais como testemunha. Os seguintes caracteres foram avaliados: florescimento feminino, florescimento masculino, período em antese, prolificidade, comprimento de espiga, diâmetro de espiga, número de fileiras por espiga, número de grãos por fileira, diâmetro do sabugo, peso de mil grãos, produtividade de grão por hectare, incidência de *Spodoptera frugiperda*, sintomas de helmintosporiose, sintomas de ferrugem e sintomas de mancha branca. As cultivares formaram grupos distintos para as avaliações dos caracteres fenológicos (período em antese, florescimento feminino e masculino), sendo a cultivar Milho branco SMJ (9) com o tempo em dias para o florescimento feminino e masculino, 78 e 74 dias, respectivamente. Para prolificidade, comprimento e diâmetro de espiga e número de fileiras por espiga, as cultivares não diferiram estatisticamente. Para o número de grão por fileira apenas a cultivar Milho branco SMJ (9) foi diferente de acordo com a estatística, apresentando também o menor média (13 grãos por fileira). Avaliando-se o diâmetro do sabugo houve formação de três grupos distintos, sendo o maior diâmetro de 28,30 mm e o menor diâmetro de 18,5 mm. A maior produtividade de grãos foi registrada para a cultivar Aliança (4) com média de 5505,93 Kg/ha e a menor média foi de 636,41 Kg/ha para a cultivar Milho branco SMJ (9). Com relação a incidência da lagarta e sintomas das três doenças, foi registrado incidência, com exceção da mancha branca que foram registrados mínimos sintomas apenas na cultivar Fortaleza (3). Para a avaliação dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade as 13 cultivares de milho foram avaliadas em nove ambientes diferentes distribuídos nas regiões norte, serrana e sul do Espírito Santo. Os experimentos foram instalados em delineamento de blocos ao acaso com três repetições e parcelas compostas por 4 linhas de

2 metros. A parcela útil foi constituída das duas linhas centrais com avaliação de cinco plantas. As análises foram realizadas pelos métodos de Annicchiarico, Eberhart & Russell, Lin & Binns, análise AMMI e GGE biplot. Houve interação das cultivares com os ambientes e os métodos utilizados foram concordantes quanto aos resultados. A cultivar comercial Aliança apresentou os melhores resultados, com maior produtividade média, podendo ser considerada de adaptabilidade ampla e estabilidade para todos os ambientes. As cultivares crioulas Palha roxa, Caiana amarelo, Milho branco e Milho branco SMJ e, as comerciais Incaper 203, Incaper 201 e Fortaleza, são mais indicadas para ambientes favoráveis. As cultivares Agda Moreira, Alfredo Chaves, Catete, Domingos Martins e catetim, são mais indicadas para ambientes desfavoráveis. E, as cultivares crioulas que apresentaram melhor desempenho em relação a produtividade e índices de estabilidade, foram Alfredo Chaves, Catete e Catetim.

**Palavras-chave:** Diversidade, variabilidade genética, caracterização, produtividade.

## TABELAS

### CAPÍTULO I

**Tabela 1** - Identificação de treze cultivares de milho ( nove crioulas e quatro comerciais) cultivadas no Espírito Santo e quatro testemunhas comerciais avaliadas na safra 2019.....21

**Tabela 2** - Agrupamento de médias pelo teste de Scott-Knott das treze cultivar crioulas e comerciais de milho cultivadas no Espírito Santo para as características fenológicas: período em antese (PA), dias do plantio até o florescimento masculino (FM) e dias do plantio até o florescimento feminino (FF) e, para características de rendimento: prolificidade (PROL), comprimento de espiga (CE), diâmetro de espiga (DE), número de fileiras por espiga (NFE), número de grãos por fileira (NGF), diâmetro do sabugo (DS), peso de mil grãos (P1000) e produtividade de grão em Kg/ha (PROD), avaliadas na safra de 2019 no município de Cachoeiro de Itapemirim. ....27

### CAPÍTULO II

**Tabela 1** - Identificação de treze cultivares de milho ( nove crioulas e quatro comerciais) cultivadas no Espírito Santo e quatro testemunhas comerciais avaliadas na safra 2019.....21

**Tabela 2** - Agrupamento de médias pelo teste de Scott-Knott das treze cultivar crioulas e comerciais de milho cultivadas no Espírito Santo para as características fenológicas: período em antese (PA), dias do plantio até o florescimento masculino (FM) e dias do plantio até o florescimento feminino (FF) e, para características de rendimento: prolificidade (PROL), comprimento de espiga (CE), diâmetro de espiga (DE), número de fileiras por espiga (NFE), número de grãos por fileira (NGF), diâmetro do sabugo (DS), peso de mil grãos (P1000) e produtividade de grão em Kg/ha (PROD), avaliadas na safra de 2019 no município de Cachoeiro de Itapemirim. ....27

**Tabela 3** - Classificação dos nove ambientes de cultivo das treze cultivares crioulas e comerciais de milho cultivadas no Espírito Santo e média de produção para cada ambiente pelo método Annicchiarico (1992).....54

**Tabela 4** - Estimativa dos parâmetros de estabilidade pelo método Annicchiarico (1992) para produtividade de grãos de treze cultivares crioulas e comerciais de milho cultivadas no Espírito Santo, com análise geral com todos os nove ambientes (WiG), ambientes favoráveis (WiF) e ambientes desfavoráveis (WiD).....55



**Tabela 5** - Estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade pelo método de Eberhart e Russel (1966) para a característica produtividade de grãos de treze cultivares crioulas e comerciais de milho cultivadas no Espírito Santo. .... 56

**Tabela 6** - Estimativa dos parâmetros adaptabilidade e estabilidade pelo método, Lin & Binns (1988) para a características produtividade de grãos proveniente da avaliação de treze cultivares crioulas e comerciais cultivadas no Espírito Santo. Resposta geral (PiG), ambientes favoráveis (+) e desfavoráveis (-). .... 59

## FIGURAS

### CAPÍTULO I

**Figura 1** - Níveis de incidência de sintomas das doenças helmintosporiose (*Exserohilum turcicum*), ferrugem (*Puccinia sorghi*) e mancha branca (*Pantoea ananatis*) em treze cultivares crioulas e comerciais de milho cultivados no Espírito Santo e mais quatro híbridos comerciais. 1 (Palha roxa – crioulo), 2 (Incaper 203 – comercial), 3 (Fortaleza – comercial), 4 (Aliança – comercial), 5 (Caiana amarelo – crioulo), 6 (Incaper 201 – comercial), 7 (Milho branco – crioulo), 8 (Agda Moreira – crioulo), 9 (Milho branco SMJ – crioulo), 10 (Alfredo Chaves – crioulo), 11 (Catete – crioulo), 12 (Domingos Martins – crioulo), 13 (Catetim – crioulo), 74 (AL Bandeirantes (S2) – híbrido comercial), 75 (AgrisuViptera – híbrido transgênico), 76 (AG 1051 – híbrido comercial) e 77 (AG 105 – híbrido comercial), avaliados na safra 2019. .... 28

**Figura 2** - Incidência de *Spodoptera frugiperda* em treze cultivares crioulas e comerciais de milho cultivados no Espírito Santo e mais quatro híbridos comerciais. 1 (Palha roxa – crioulo), 2 (Incaper 203 – comercial), 3 (Fortaleza – comercial), 4 (Aliança – comercial), 5 (Caiana amarelo – crioulo), 6 (Incaper 201 – comercial), 7 (Milho branco – crioulo), 8 (Agda Moreira – crioulo), 9 (Milho branco SMJ – crioulo), 10 (Alfredo Chaves – crioulo), 11 (Catete – crioulo), 12 (Domingos Martins – crioulo), 13 (Catetim – crioulo), 74 (AL Bandeirantes (S2) – híbrido comercial), 75 (AgrisuViptera – híbrido transgênico), 76 (AG 1051 – híbrido comercial) e 77 (AG 105 – híbrido comercial), avaliados na safra 2019. .... 29

## CAPÍTULO II

**Figura 1** - Níveis de incidência de sintomas das doenças helmintosporiose (*Exserohilum turcicum*), ferrugem (*Puccinia sorghi*) e mancha branca (*Pantoea ananatis*) em treze cultivares crioulas e comerciais de milho cultivados no Espírito Santo e mais quatro híbridos comerciais. 1 (Palha roxa – crioulo), 2 (Incaper 203 – comercial), 3 (Fortaleza – comercial), 4 (Aliança – comercial), 5 (Caiana amarelo – crioulo), 6 (Incaper 201 – comercial), 7 (Milho branco – crioulo), 8 (Agda Moreira – crioulo), 9 (Milho branco SMJ – crioulo), 10 (Alfredo Chaves – crioulo), 11 (Catete – crioulo), 12 (Domingos Martins – crioulo), 13 (Catetim – crioulo), 74 (AL Bandeirantes (S2) – híbrido comercial), 75 (AgrisuViptera – híbrido transgênico), 76 (AG 1051 – híbrido comercial) e 77 (AG 105 – híbrido comercial), avaliados na safra 2019. ....28

**Figura 2** - Incidência de *Spodoptera frugiperda* em treze cultivares crioulas e comerciais de milho cultivados no Espírito Santo e mais quatro híbridos comerciais. 1 (Palha roxa – crioulo), 2 (Incaper 203 – comercial), 3 (Fortaleza – comercial), 4 (Aliança – comercial), 5 (Caiana amarelo – crioulo), 6 (Incaper 201 – comercial), 7 (Milho branco – crioulo), 8 (Agda Moreira – crioulo), 9 (Milho branco SMJ – crioulo), 10 (Alfredo Chaves – crioulo), 11 (Catete – crioulo), 12 (Domingos Martins – crioulo), 13 (Catetim – crioulo), 74 (AL Bandeirantes (S2) – híbrido comercial), 75 (AgrisuViptera – híbrido transgênico), 76 (AG 1051 – híbrido comercial) e 77 (AG 105 – híbrido comercial), avaliados na safra 2019.....29

**Figura 3** - GGE Biplot para discriminação e representatividade dos nove ambientes de cultivo: A1 – Venda Nova do Imigrante (2017); A2 – Linhares (2018); A3 – Mucurici (2019); A4 – Mimoso do Sul (2019); A5 – Cachoeiro de Itapemirim (2019); A6 – Venda Nova do Imigrante (2019); A7 – Cachoeiro de Itapemirim (2019-safra 2); A8 – Linhares 2020; A9 – Cachoeiro de Itapemirim (2020), com base na produtividade de grãos de 13 cultivares crioulas e comerciais de milho cultivadas no Espírito Santo. G1-Palha roxa; G2-Incaper 203; G3-Fortaleza; G4-Aliança; G5-Caiana amarelo; G6-Incaper 201; G7-Milho branco; G8-Agda Moreira; G9-Milho branco SMJ; G10-Alfredo Chaves; G11-Catete; G12-Domingos Martins; G13-Catetim. ....65

**Figura 4** - GGE Biplot média vs estabilidade para produtividade de grãos de treze cultivares crioulas e comerciais de milho cultivadas no Espírito Santo em nove ambientes de cultivo. G1-Palha roxa; G2-Incaper 203; G3-Fortaleza; G4-Aliança; G5-Caiana amarelo; G6-Incaper 201; G7-Milho branco; G8-Agda Moreira; G9-Milho branco SMJ; G10-Alfredo Chaves; G11-Catete; G12-Domingos Martins; G13-Catetim. A1 – Venda Nova do Imigrante (2017); A2 – Linhares (2018); A3 – Mucurici (2019); A4 – Mimoso do Sul (2019); A5 – Cachoeiro de

Itapemirim (2019); A6 – Venda Nova do Imigrante (2019); A7 – Cachoeiro de Itapemirim (2019-safra 2); A8 – Linhares 2020; A9 – Cachoeiro de Itapemirim (2020)..... 66

## APÊNDICES

### CAPÍTULO I

<b>Apêndice 1.</b> Catálogo fotográfico descritivo de treze cultivares crioulas e comerciais de milho cultivadas no Espírito Santo.....	37
---	----

### CAPÍTULO II

<b>Apêndice 1.</b> GGE Biplot mega-ambientes (which won where) para produtividade de 13 cultivares crioulas e comerciais de milho cultivadas no Espírito Santo em nove ambientes. G1-Palha roxa; G2-Incaper 203; G3-Fortaleza; G4-Aliança; G5-Caiana amarelo; G6-Incaper 201; G7-Milho branco; G8-Agda Moreira; G9-Milho branco SMJ; G10-Alfredo Chaves; G11-Catete; G12-Domingos Martins; G13-Catetim. A1 – Venda Nova do Imigrante (2017); A2 – Linhares (2018); A3 – Mucurici (2019); A4 – Mimoso do Sul (2019); A5 – Cachoeiro de Itapemirim (2019); A6 – Venda Nova do Imigrante (2019); A7 – Cachoeiro de Itapemirim (2019-safra 2); A8 – Linhares 2020; A9 – Cachoeiro de Itapemirim (2020).....	80
---	----

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	12
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	15
2.1	OBJETIVO GERAL .....	15
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	15
<b>3</b>	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	16
<b>CAPÍTULO I</b> .....		18
<b>Avaliação de caracteres morfológicos e agrônômicos de cultivares de milho no Espírito Santo.</b> .....		18
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	19
<b>2</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	21
2.1	MATERIAL VEGETAL.....	21
2.2	EXPERIMENTO A CAMPO.....	22
2.3	VARIÁVEIS MORFOLÓGICAS ANALISADAS .....	22
2.4	AValiaÇÃO DE ESTRESSES BIÓTICOS .....	23
2.5	ANÁLISES ESTATÍSTICAS .....	24
<b>3</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	25
<b>4</b>	<b>CONCLUSÕES</b> .....	31
<b>5</b>	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	32
<b>6</b>	<b>APÊNDICE</b> .....	34
<b>CAPÍTULO II</b> .....		47
<b>Avaliação da interação genótipo por ambiente e análise de estabilidade produtiva de variedades de milho sob diferentes estratégias.</b> .....		48
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	48
<b>2</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	50
2.1	EXPERIMENTOS A CAMPO .....	50
2.2	ANÁLISES ESTATÍSTICAS .....	51
<b>3</b>	<b>CONCLUSÕES</b> .....	68
<b>4</b>	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	69
<b>5</b>	<b>APÊNDICES</b> .....	73

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

O milho (*Zea mays* L.) é uma cultura de grande importância mundial, amplamente utilizado para alimentação humana e base da alimentação animal (WANG et al., 2020; USMANI et al., 2020). É uma importante fonte de alimentos, forragens e material base para produtos industriais e, rentável commodity mundial (PRAKASH et al., 2019; SUPASRI et al., 2020).

O milho apresenta-se, mundialmente, como principal fonte energética para ração animal, além de ser base alimentar em muitos países e representar grande importância na produção de combustível renovável (CONAB, 2020). Junto com o crescimento populacional, cresce o consumo de pelos produtos de origem animal e conseqüentemente a demanda pelo uso do milho (ANDORF et al., 2019).

A crescente demanda e utilização do milho na indústria faz com que sua colheita se torne mais industrial do que propriamente uma colheita de alimentos, visto que 12 a 13% da colheita global é destinada a alimentação humana direta e o restante de forma indireta via alimentação animal (SAH et al., 2020). Entretanto, sua importância no consumo alimentar não é diminuída, uma vez que é fonte importante de nutrientes e alimento básico em várias partes do mundo (USMANI et al., 2020). Possui uma rica composição nutricional como lipídios, proteínas, vitaminas, minerais e carboidratos (LANGNER et al., 2019).

Em países em desenvolvimento, o milho junto com o trigo representa praticamente dois terços da energia alimentar consumida mundialmente. Para a alimentação animal são listados cinco grãos de maior consumo: milho, trigo, cevada, aveia e sorgo, sendo que o milho contribui aproximadamente com 60% deste consumo em todo o mundo (FAO, 2020a).

No Brasil, o milho já está consolidado como importante produto para exportação e alimentação animal (CONAB, 2020). O país é o terceiro maior produtor mundial do grão de milho (CONAB, 2021; LERAYER, 2018; PATEL et al., 2017; PRASANNA, 2012). A estimativa para a safra brasileira de 2020/2021 é de 102,3 milhões de toneladas em uma área total de 18.463,5 mil hectares e, um consumo doméstico interno de 71,8 milhões de toneladas (CONAB, 2021).

Para a região sudeste a área estimada para plantio, no início de temporada, é de 1079,6 mil hectares com pequeno aumento na área plantada de Minas Gerais e leve diminuição na área do estado de São Paulo (CONAB, 2020a). No Espírito Santo, a produção agrícola é realizada principalmente por pequenos agricultores. O último censo agropecuário mostra uma produção máxima, para milho, de 37.832 toneladas em uma área total de 17.721 hectares distribuídos em

14.698 propriedades rurais. As maiores produções estão concentradas na região serrana do estado com 5.054 toneladas em uma área de 1.680 hectares em 1.921 propriedades no município de Santa Maria de Jetibá, seguido de Domingos Martins, Afonso Cláudio, Iúna e Muniz Freire com 3.547; 2.990; 1.948 e 1.614 toneladas, respectivamente (IBGE, 2017).

Como uma das culturas mais importantes do mundo, o milho, também é fonte valiosa para estudos biológicos devido a sua grande diversidade (YANG et al., 2017). O milho possui um genoma grande e complexo, apresentando altos níveis de diversidade genética, caracterizando-se como uma das culturas de maior diversificação existentes. Essa diversificação pode ser observada nas inúmeras cultivares existentes principalmente as cultivares crioulas, também chamada cultivares locais, que adquiriram ao longo do processo de seleção características típicas ou específicas de cada uma das regiões onde eram cultivadas (ACI et al., 2018; BEDOYA et al., 2017; OBENG-BIO et al., 2020).

Uma cultivar crioula é uma população dinâmica de uma planta cultivada que tem origem histórica, identidade distinta e carece de melhoramento formal da cultura, além de muitas vezes ser geneticamente diversa, adaptada localmente e associada a sistemas agrícolas tradicionais (VILLA et al., 2005). As cultivares crioulas tendem a maior tolerância as variações ambientais, tendo grande potencial para adaptação, apresentando assim, grande importância para o melhoramento genético, visto que constituem ampla variabilidade genética expandindo assim a área de busca por genótipos resistentes ou tolerantes a fatores bióticos e abióticos (MARONE et al., 2021).

O milho é cultivado praticamente em todas as regiões do país sob diferentes sistemas de produção e níveis de tecnologia. Assim, genótipos produtivos com ampla adaptabilidade e estabilidade são de grande importância para os programas de melhoramento genético (FARIA et al., 2017).

Adaptabilidade trata-se da resposta produtiva dos genótipos em relação aos estímulos ambientais e a estabilidade refere-se a previsibilidade destas respostas às variações ambientais (CRUZ et al., 2020; SOUZA et al., 2017; LIMA et al., 2017). As regiões de cultivo são muitas e cada uma com suas peculiaridades ambientais, ocorrendo assim muita flutuação e dificultando a indicação de genótipos adequados a cada região (SANTOS et al., 2019).

Este estudo permitirá a caracterização morfológica, maior conhecimento a respeito das características de produção, comportamento e características morfológicas das cultivares de milho do Espírito Santo. Bem como, a identificação de materiais com adaptabilidade ampla e específica, estabilidade de produção. Evidenciando assim, a possibilidade a disponibilização de

materiais mais aptos para às condições ambientais locais para os produtores do estado, e para outras regiões e países, com características ambientais semelhantes às regiões de experimentação do estudo realizado.

Além da identificação de materiais promissores, este estudo poderá contribuir como base para novos estudos na pesquisa científica, sobretudo para início de programas de melhoramento genético do milho, visando o aumento da produtividade desses materiais.



## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Caracterização morfológica das cultivares de milho cultivadas no Espírito Santo, assim como, a avaliação da interação genótipo e ambiente e estabilidade da população.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar as características fenológicas, agronômicas e de rendimento de cultivares crioulas e comerciais de milho cultivadas no Espírito Santo;
- Avaliar o desempenho agronômico das cultivares de milho cultivadas em diferentes locais e safras no estado do Espírito Santo;
- Identificar cultivares de milho com adaptabilidade ampla e específica;
- Identificar cultivares de milho que apresentem estabilidade aos diferentes ambientes e safras.

### 3 REFERÊNCIAS

- ACI, M. M. et al. Genetic variation and structure of maize populations from Saoura and Gourara oasis in Algerian Sahara. **BMC Genetics**, v. 19, n. 1, p. 1–10, 2018.
- ANDORF, C. et al. Technological advances in maize breeding: past, present and future. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 132, p. 817-849, 2019.
- BEDOYA, C. A. et al. Genetic diversity and population structure of native maize populations in Latin America and the Caribbean. **PLoS ONE**, v. 12, n. 4, p. 1–21, 2017.
- CONAB. Acompanhamento da safra brasileira 2019/2020. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos 2019/2020**, v. 8, p. 1–29, 2020a.
- CONAB. Acompanhamento da Safra Brasileira. **Companhia Nacional de Abastecimento**, v. 7, n. 6, p. 1–89, 2020b.
- CRUZ, D. P. et al. Analysis of the phenotypic adaptability and stability of strains of cowpea through the GGE Biplot approach. **Euphytica**, v. 216, n. 10, 2020.
- FAO. **Food Outlook – Biannual Report on Global Food Markets**. [s.l.: s.n.].
- FAO. **Crop Prospects and Food Situation - Quaterly Global Report**. [s.l.: s.n.].
- FARIA, S. V. et al. Adaptability and stability in commercial maize hybrids in the southeast of the State of Minas Gerais, Brazil. **Revista Ciencia Agronomica**, v. 48, n. 2, p. 347–357, 2017.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo agropecuário, 2017. Rio de Janeiro: IBGE; 2017. Disponível em: [https://censoagro2017.ibge.gov.br/templates/censo\\_agro/resultadosagro/agricultura.html?localidade=32&tema=76510](https://censoagro2017.ibge.gov.br/templates/censo_agro/resultadosagro/agricultura.html?localidade=32&tema=76510). Acesso em: 20 de nov. de 2020.
- LANGNER, J. A. et al. Maize: Key agricultural crop in food security and sovereignty in a future with water scarcity. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 23, n. 9, p. 648–654, 2019.
- LERAYER, A. Guia do Milho: Tecnologia do campo á mesa. São Paulo: Conselhos de Informações Sobre Biotecnologia, 2018.
- LIMA, L. H. DA S. et al. Adaptability and stability of canola hybrids in different sowing dates. **Revista Ciencia Agronomica**, v. 48, n. 2, p. 374–380, 2017.
- MARONE, D. et al. Importance of Landraces in Cereal Breeding for Stress Tolerance. **Plants**, v. 10, 2021.

OBENG-BIO, E. et al. Genetic diversity among early provitamin A quality protein maize inbred lines and the performance of derived hybrids under contrasting nitrogen environments. **BMC Genetics**, v. 21, n. 1, p. 1–13, 2020.

PRAKASH, N. R. et al. Genetic analysis of prolificacy in “Sikkim Primitive”—A prolific maize (*Zea mays*) landrace of North-Eastern Himalaya. **Plant Breeding**, v. 138, n. 6, p. 781–789, 2019.

SANTOS, D. C. et al. Adaptability and stability of maize hybrids in unreplicated multi-environment trials. **Revista Ciencia Agronomica**, v. 50, n. 1, p. 83–89, 2019.

SAH, R. P. et al. Impact of water deficit stress in maize: Phenology and yield components. **Scientific Reports**, v. 10, n. 1, p. 2944, 2020.

SOUZA, F. B. M. et al. Adaptabilidade e estabilidade de fases reprodutivas e vegetativas de pessegueiros em clima subtropical. **Acta Scientiarum - Agronomy**, v. 39, n. 4, p. 427–435, 2017.

SUPASRI, T. et al. Life cycle assessment of maize cultivation and biomass utilization in northern Thailand. **Scientific Reports**, v. 10, n. 1, p. 1–13, 2020.

PATEL, K.A.; KHANORKAR, S.M.; DAMOR, A.S.; PARMAR, H.K. Microsatellite based molecular characterization and genetic diversity analysis of maize (*Zea mays* L.) inbred lines. **Int. J. Agric. Environ. Biotechnol.**, v.10, p. 773-776, 2017.

USMANI, M. M. et al. Sulfate-mediated Drought Tolerance in Maize Involves Regulation at Physiological and Biochemical Levels. **Scientific Reports**, v. 10, n. 1, p. 1–13, 2020.

VILLA, T. C.C. et al. Defining and identifying crop landraces. **Plant Genetic Resources**, p. 373-384, 2005.

WANG, F. et al. Determination of the geographical origin of maize (*Zea mays* L.) using mineral element fingerprints. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 100, n. 3, p. 1294–1300, 2020.

YANG, N. et al. Contributions of *Zea mays* subspecies *mexicana* haplotypes to modern maize. **Nature Communications**, p. 1–10, 2017.

## CAPÍTULO I

### **Avaliação de caracteres morfológicos e agronômicos de cultivares de milho do Espírito Santo.**

**Resumo** – O milho é um dos três cereais mais produzidos no mundo, sendo fonte básica de alimentação para vários países na África, nas Américas e na Ásia. A diversidade do milho é muito grande sobretudo quando se trata de cultivares crioulas. Uma cultivar crioula é descrita como uma população dinâmica de uma planta cultivada que tem origem histórica, identidade distinta e carece de melhoramento formal da cultura, além de muitas vezes ser geneticamente diversa, adaptada localmente e associada a sistemas agrícolas tradicionais. Objetivou-se com este trabalho caracterizar morfológicamente cultivares de milho do Espírito Santo, seu comportamento e adaptação a diferentes ambientes e, produção de grãos. Foram estudadas 17 cultivares de milho, sendo 9 cultivares crioulas, 4 cultivares comerciais e 4 híbridos comerciais, estes usados como testemunha. As características avaliadas foram: fenológicas, rendimento e suscetibilidade a estresses bióticos. As médias dos tratamentos foram testadas pelo teste de agrupamento de médias de Skott-Knott a 5% de probabilidade. Foi observado diferença entre os materiais avaliados para os parâmetros morfológicos. Os sintomas de mancha branca foram observados na Fortaleza, mas com nível sintomático baixíssimo. As cultivares 5 (Caiana amarelo), 8 (Agda Moreira) e 9 (Milho branco SMJ) apresentaram os maiores níveis de incidência de helmintosporiose. A ferrugem, foi observado nas cultivares 9 (Milho branco SMJ), 10 (Alfredo Chaves) e 13 (Catetim). Para incidência de *Spodoptera frugiperda* as cultivares 2 (Incaper 203) e 13 (Catetim) apresentaram as menores médias. As cultivares mostraram grande variabilidade, sendo observado desempenho igual ou superior aos híbridos comerciais utilizados como testemunha, podendo ser observado potencial produtivo e comportamento positivo em relação as condições de plantio.

**Palavras-chave:** *Zea mays* L., morfologia, variabilidade, resistência.

## 1 INTRODUÇÃO

O milho é um dos três principais cereais produzidos no mundo. Em países da África, Ásia e América Latina, é cultura base na alimentação (TANUMIHARDJO et al., 2020; GUZZON et al., 2021). É cultura básica para mais de 4,5 bilhões de pessoas, fonte de segurança alimentar fornecendo cerca de 30% do abastecimento para alimentação nas américas, 38% na África e 6,5 % na Ásia (PALACIOS-ROJAS et al., 2020; PRASANNA et al., 2020).

A produção mundial na safra 2019/2020 foi estimada 1,1 bilhões de toneladas (CONAB, 2020). No Brasil a safra de 2020 foi estimada oficialmente em 102,5 milhões de toneladas (FAO, 2020b), em uma área total estimada de 18.442,2 milhões de hectares semeados com a cultura em todo o país (CONAB, 2020).

A produção de milho no Espírito Santo é muito pequena comparada a produção nacional e mundial. A produção agrícola do estado é composta por pequenos agricultores que cultivam para consumo próprio e alimentação de suas criações animais. Segundo o último censo agropecuário realizado em 2017 pelo IBGE, a produção máxima para milho grão foi de 37.832 toneladas em uma área de 17.721 hectares em 14.698 estabelecimentos. Os municípios com maior produção estão na região serrana do estado (IBGE, 2017).

As cultivares crioulas são produzidas e preservadas pelos próprios agricultores e são utilizadas para diversas finalidades, tais como, produção de farinhas, consumo de milho verde, artesanato com palha e alimentação animal (LANGNER et al., 2019). Por meio dessa manutenção de sementes pelos produtores ao longo dos anos, as cultivares crioulas evoluem e se adaptam aos locais de cultivo, apresentando características particulares para cada região, incluindo evolução no tamanho, formato e hábito de crescimento (BERNAU et al., 2020).

Uma variedade landrace ou crioula é uma população dinâmica de uma planta cultivada que tem origem histórica, identidade distinta e carece de melhoramento formal da cultura, além de muitas vezes ser geneticamente diversa, adaptada localmente e associada a sistemas agrícolas tradicionais (VILLA et al., 2005).

As cultivares crioulas guardam grande quantidade de informação genética que podem ser de importância para as cultivares modernas quanto a resistência e tolerância a estresse bióticos e abióticos, conseqüentemente um melhor desempenho de produção com características que vem sendo adquiridas ao longo dos anos por meio dos processos evolutivos e adaptações sofridas pelos meios de cultivo e de seleções realizadas pelos próprios agricultores, que as mantem ao longo de gerações (OCAMPO-GIRALDO et al., 2020).

Quando as cultivares crioulas são perdidas, perde-se também a cultura e a tradição histórica das famílias, além de uma biodiversidade muito grande (LANGNER et al., 2019). Portanto, a exploração de sua diversidade genética e conservação para as gerações futuras é essencial (MARONE et al., 2021).

Neste sentido, considerando a importância socioeconômica, cultural e histórica das cultivares crioulas, este trabalho objetivou-se caracterizar morfologicamente 13 cultivares de milho cultivadas no Espírito Santo, buscando avaliar adaptabilidade, estabilidade e potencial de produção, visando posterior melhoramento genético destas cultivares e indicações aos produtores do Espírito Santo, além de auxiliar no entendimento do potencial destes recursos genéticos para a manutenção e ampliação da variabilidade na cultura do milho.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 MATERIAL VEGETAL

Dezessete genótipos de milho foram estudados, dos quais treze cultivares oriundas de produtores rurais do Espírito Santo e quatro genótipos comerciais, usados como testemunhas comerciais (AL Bandeirantes (S2), Híbrido transgênico AgrisureViptera (Syngenta), híbrido Ag1051 e híbrido Ag105). Na Tabela 1, estão listados os materiais vegetais utilizados no estudo com suas procedências e cor de grão.

**Tabela 1** - Identificação de treze cultivares de milho do Espírito Santo e quatro testemunhas comerciais avaliadas na safra 2019.

<b>Cultivar</b>	<b>Município de procedência</b>	<b>Cor do grão</b>
Palha roxa	Venda Nova do Imigrante	Vermelho
Incaper 203	Incaper/Espírito Santo	Laranja
Fortaleza	Linhares	Amarelo
Aliança	Muqui	Amarelo
Caiana amarelo	São Jose do Calçado	Laranja/amarelado
Incaper 201	Incaper/Espírito Santo	Amarelo/alaranjado
Milho branco	Venda Nova do Imigrante	Branco
Agda Moreira	Domingos Martins	Colorido
Milho branco SMJ	Santa Maria de Jetibá	Branco
Alfredo Chaves	Alfredo Chaves	Amarelo
Catete	Venda Nova do Imigrante	Laranja
Domingos Martins	Domingos Martins	Laranja
Catetim	Venda Nova do Imigrante	Laranja
AL Bandeirantes (S2)	Comércio	Amarelo
AgrisureViptera	Comércio	Amarelo
AG1051	Comércio	Amarelo
AG105	Comércio	Amarelo

## 2.2 EXPERIMENTO A CAMPO

O experimento foi realizado na área experimental da Fazenda Experimental Bananal do Norte, pertencente ao Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper), localizada em Pacotuba distrito de Cachoeiro de Itapemirim-ES. O experimento foi montado em delineamento em blocos casualizados (DBC) com três repetições. As parcelas experimentais continham três fileiras de 2 m, espaçadas 1,0 m entre si. A fileira central constituiu a área útil da parcela. O estande final foi de cinco plantas por metro linear, estabelecendo assim, uma densidade de 50.000 plantas ha<sup>-1</sup>.

A correção com nitrogênio, fósforo e potássio do experimento foi feita com base em análise prévia de solo e recomendação do Manual de Adubação e de Calagem para os estados de Minas Gerais e Espírito Santo (PREZOTTI et al., 2007), para a cultura do milho. Quanto aos tratamentos culturais foi realizada a aplicação de herbicida antes da implantação da cultura e posteriormente o solo foi arado, gradeado e sulcado para realização do plantio. Foram realizadas capinas manuais quando necessárias.

## 2.3 VARIÁVEIS MORFOLÓGICAS ANALISADAS

Avaliou-se em experimento a campo variáveis fenológicas e de rendimento de acordo com descritores para milho (TEIXEIRA; COSTA, 2010). As variáveis fenológicas avaliadas foram: florescimento masculino (FM), florescimento feminino (FF) e período em antese (PA). O FM foi considerado o tempo (em dias) transcorrido da emergência até 50% + 1 de plantas da parcela útil contendo anteras liberando pólen e para o (FF) foi considerado o tempo (em dias) da emergência até 50% + 1 de espigas da parcela útil contendo estigma e estiletes expostos.

As variáveis de rendimento foram: prolificidade (estimada com base na proporção estabelecida entre o número de espigas produzindo grãos e o número total de plantas da parcela útil); comprimento de espiga sem palha (medido desde a base até o último grão produzido pela espiga principal, em uma amostra de 10 plantas da parcela útil); diâmetro da espiga sem palha (medido na parte central da espiga em amostra de 10 plantas da parcela útil); número de fileiras por espiga (em amostra de 10 plantas da parcela útil); número de grãos por fileira da espiga (estimado com base na média do número de grãos de todas as fileiras da espiga principal, em amostra de 10 plantas da parcela útil); diâmetro do sabugo (medido no meio do sabugo, em uma amostra de 10 espigas da parcela útil); peso de 1000 grãos (estimado com base na média de 10



amostras de 100 grãos da parcela útil); e produtividade (estimada em  $t.ha^{-1}$  de grãos, a partir da colheita e debulha manual de todas as espigas da parcela útil de 3,0 m<sup>2</sup>).

Os dados foram submetidos a análise estatística de ANOVA e as médias agrupadas pelo teste de Scott-Knott, utilizando-se os recursos estatísticos do software R (TEAM, 2020).

## 2.4 AVALIAÇÃO DE ESTRESSES BIÓTICOS

Também avaliou-se: a incidência da lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*), duas doenças fúngicas: helmintosporiose (*Exserohilum turcicum*) e ferrugem (*Puccinia sorghi*) e, bacteriose mancha branca causada por (*Pantoea ananatis*).

As avaliações de incidência da lagarta-do-cartucho foram realizadas aos 30 dias após a semeadura (DAP), no estágio fenológico vegetativo V3 a V4. Foram realizadas contagem das 10 plantas da parcela útil que apresentavam sintomas de ataque da lagarta-do-cartucho.

Para as doenças fúngicas foliares foram realizadas avaliações de severidade aos 60 dias após a semeadura (DAP) no estágio fenológicos reprodutivos R1 a R2. Foram avaliadas oito plantas aleatórias da área útil da parcela, por meio de escala diagramática elaborada por Bleicher (1988) para *Exserohilum turcicum*. Nessa escala, a avaliação da percentagem da planta infectada por *E. turcicum* exibe percentuais de 0, 1, 3, 6, 10, 25, 50 e >50%. A partir da análise das folhas de cada oito plantas contendo lesões, foi estimada a severidade média de cada doença para a planta inteira. Posteriormente foi utilizada uma escala de notas para planta inteira, onde: Nota 0: nenhuma planta apresentando sintomas - ausência de sintomas; Nota 1: 1 a 2 plantas apresentando sintomas – baixa incidência; Nota 2: 3 a 5 plantas apresentando sintomas – média incidência; Nota 3: 6 a 8 plantas apresentando sintomas – alta incidência. Este procedimento foi adotado para as outras duas doenças fúngicas avaliadas (ferrugem e mancha branca).

## 2.5 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

As análises estatísticas foram realizadas para as características morfológicas, fenológicas e agronômicas. O delineamento é de blocos casualizados (DBC), a equação foi:

$Y_{ij} = \mu + b_j + t_i + \varepsilon_{ij}$  em que,  $Y_{ij}$  é o valor observado da característica estudada no  $i$ -ésimo tratamento e  $j$ -ésimo bloco;  $\mu$  é a média geral do experimento (todas as observações);  $b_j$  é o efeito do bloco  $j$  ( $j = 1, \dots, J$ );  $t_i$  é o efeito de tratamento  $i$  ( $i = 1, \dots, I$ ),  $\varepsilon_{ij}$  é o erro associado à observação  $Y_{ij}$ .

A diferença entre os tratamentos foi testada pelo método de agrupamento de médias, Scott Knott, e estadas a 5% de probabilidade. As análises foram realizadas utilizando os recursos estatísticos do programa R (R TEAM, 2020).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se a diversidade entre as cultivares de milho para as características fenológicas e características de rendimento. A maior variação entre as cultivares foi quanto ao florescimento feminino (FF) com quatro grupos formados, seguidos pelo florescimento masculino (FM) e números de fileiras por espiga (NFE) com três grupos. Para o número de grãos por fileira (NGF) e diâmetro do sabugo (DS) foram formados dois grupos de médias. Não houve diferença quanto aos caracteres PA, PROL, CE, DE, P1000, PROD (Tabela 2).

Quanto aos florescimentos FM e FF, para todas as cultivares testadas, houve um aumento de dias em relação as testemunhas comerciais. Observa-se na avaliação de FM a formação de três grupos de média distintos, pelo teste de scott-knott a 5% de probabilidade. A cultivar Milho branco SMJ (9) constituiu o grupo com o maior tempo em dias para o FM, 74 dias e o grupo com as menores médias foi formado pela cultivar Incaper 203 (2) e pelos híbridos comerciais 75, 76 e 77 com 47; 48,33; 48,66 e 49 dias em média, respectivamente. Para o florescimento feminino (FF) houve a formação de quatro grupos diferentes. O primeiro somente com a cultivar Milho branco SMJ (9) com 78,33 dias em média; o segundo grupo com as cultivares Caiana amarelo (5) e Milho branco (7) com 63,66 e 64,33 dias em média, respectivamente; o terceiro grupo formado pelas cultivares Palha roxa (1), Agda Moreira (8), Catete (11) e Catetim (13) variando de 60,5 a 58,66 dias em média; e, o quarto grupo com as menores médias (50 a 56 dias) formado pelas cultivares Incaper 203 (2), Fortaleza (3), Aliança (4), Incaper 201 (6), Alfredo Chaves (10), Domingos Martins (13), híbridos comerciais 74, 75, 76 e 77.

Para a variável número de fileiras por espiga (NFE) houve formação de dois grupos. O primeiro com as cultivares Fortaleza (3), Alfredo Chaves (10) junto com os híbridos comerciais 74,75,76 e 77, com médias variando de 13,50 a 15,40, as demais cultivares formaram outro grupo com médias entre 10,50 e 13,16 fileiras por espiga. A menor média foi da cultivar Milho branco SMJ (9) com 10,50 e a maior foi do híbrido comercial 76 com média de 15,40 fileiras por espiga. Para a característica número de grãos por fileira (NGF) apenas a cultivar Milho branco SMJ (9) apresentou diferença estatística entre as treze cultivares com média de 13 grão por fileira nesta avaliação e, as demais cultivares juntamente com os quatro híbridos comerciais apresentaram médias de 26,43 a 32,38 grãos por fileira, sendo a maior média do híbrido 77.

Para a característica diâmetro de sabugo (DS), as cultivares se dividiram em dois grupos. O de menores médias incluiu as cultivares Caiana amarelo (5), Agda Moreira (8), Milho branco

SMJ (9), Domingos Martins e Catetim (13), com médias de 18,53 a 22,64 mm. As demais cultivares e os híbridos formaram outro grupo variando de 23,32 a 28,30 mm em média.

Detalhes visuais da coloração e estrutura das espigas, grão e planta podem ser observados no Apêndice 1 deste capítulo.

A caracterização de cultivares crioulas é de extrema importância tendo em vista sua grande variabilidade genética que pode ser utilizada em novos estudos sendo possível a identificação de materiais tolerantes ou resistentes a doenças, pragas e fatores ambientais como temperatura e déficit hídrico (ROVARIS et al., 2017).

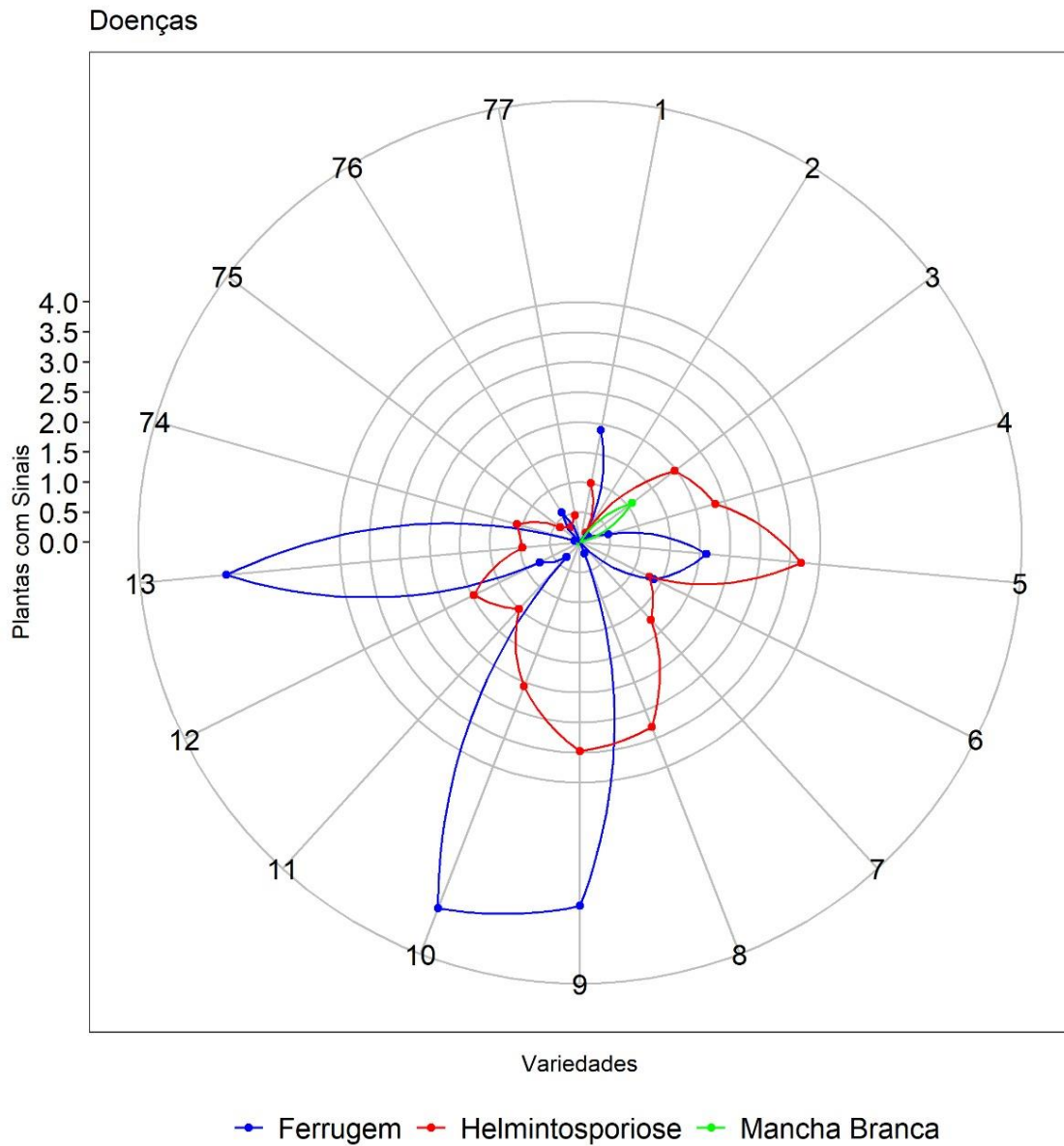
Colín-Chávez et al (2020) relatam em seu trabalho a importância da coloração dos grãos de milho sobretudo para a cultura mexicana, e em países da América Central e América do Sul, além disso, tratam de potenciais benefícios para a saúde que cultivares de coloração como azul, roxo e vermelha e registraram em seu experimento teores de fenólicos e antocianinas.

Estudos de caracterização também nos mostra a respeito de diversidade alélica. Aproveitar ao máximo essa diversidade é de extrema importância para a produção agrícola, principalmente a baixa captura de diversidade por parte das cultivares modernas, sobretudo para as características de interesse agrônomo (MAYER et al., 2020).

Na avaliação da severidade da helmintosporiose, ferrugem comum e mancha branca (Figura 1) verificou-se maior incidência nas cultivares de milho do Espírito Santo em relação aos controles comerciais. Para mancha branca, detectou-se a presença apenas na cultivar Fortaleza. Para helmintosporiose, as cultivares Caiana amarelo, Agda Moreira e Milho branco SMJ apresentaram os maiores níveis de incidência (3.3; 3.3 e 3.5, na escala, respectivamente) e, a cultivar Incaper 203 e o híbrido AG 1051 não apresentaram incidência. Na avaliação da ferrugem as cultivares Milho branco SMJ, Alfredo Chaves e Catetim apresentaram índices mais elevados de incidência da doença, as três cultivares, acima de 4.0, na escala. Já as cultivares Incaper 203, Fortaleza, Milho branco, Agda Moreira e Catete, não apresentaram incidência da doença.

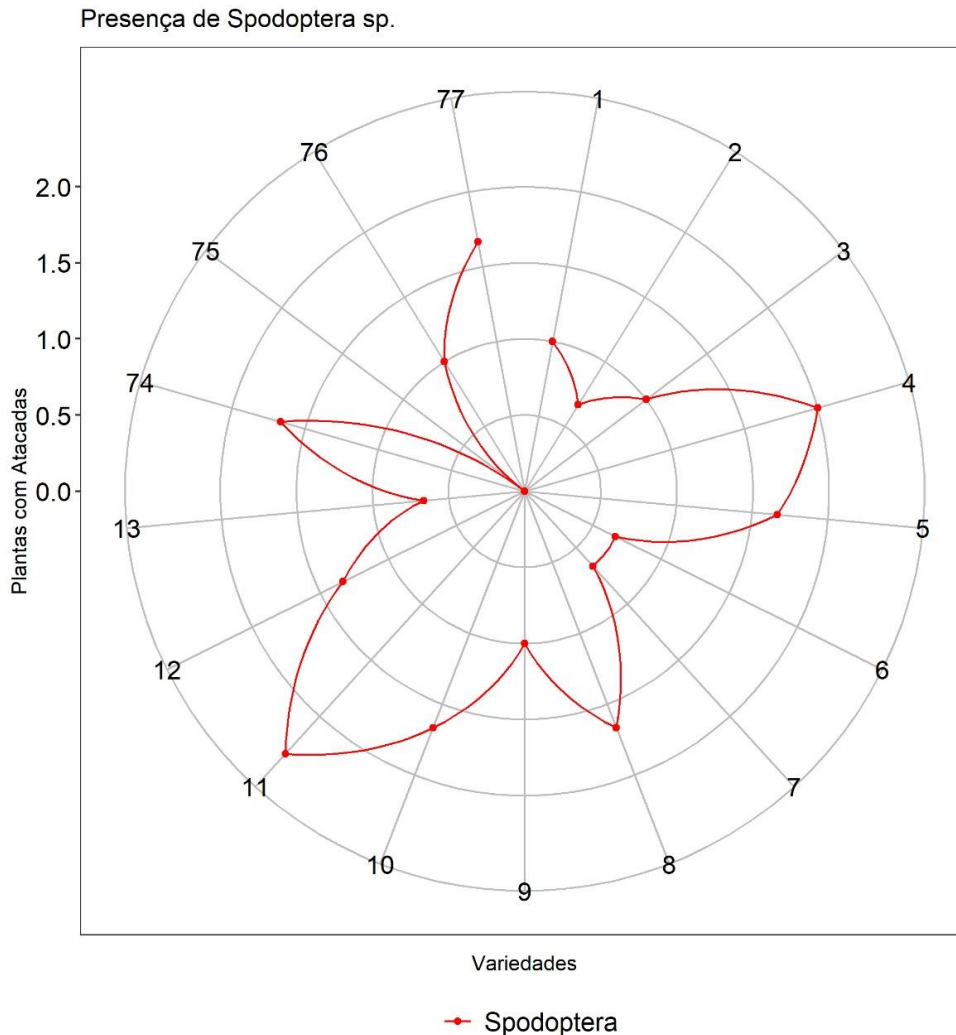
**Tabela 2** - Agrupamento de médias pelo teste de Scott-Knott das treze cultivar crioulas e comerciais de milho cultivadas no Espírito Santo para as características fenológicas: PA - período em antese (em dias); FM - dias do plantio até o florescimento masculino (em dias); FF - dias do plantio até o florescimento feminino (em dias) e, para características de rendimento: PROL - prolificidade (número de espigas por planta); CE - comprimento de espiga (cm); DE - diâmetro de espiga (mm); NFE - número de fileiras por espiga; NGF - número de grãos por fileira; DS - diâmetro do sabugo (mm); P1000 - peso de mil grãos (g); e PROD - produtividade de grão em Kg/ha (Kg), avaliadas na safra de 2019 no município de Cachoeiro de Itapemirim.

<b>Cultivar</b>	<b>PA</b>	<b>FM</b>	<b>FF</b>	<b>PROL</b>	<b>CE</b>	<b>DE</b>	<b>NFE</b>	<b>NGF</b>	<b>DS</b>	<b>P1000</b>	<b>PROD</b>
<b>Palha roxa</b>	13,50	54,00	b 60,50	c 2,33	13,80	41,65	12,85	b 31,11	a 24,71	a 296,93	2528,01
<b>Incaper 203</b>	8,50	47,00	c 50,00	d 1,25	14,00	38,53	12,80	b 27,31	a 26,71	a 334,15	4299,21
<b>Fortaleza</b>	12,00	51,66	b 56,00	d 1,24	14,92	49,56	13,85	a 29,14	a 28,30	a 347,70	4171,35
<b>Aliança</b>	10,33	51,66	b 53,33	d 1,33	14,11	47,35	13,17	b 28,66	a 26,81	a 344,58	5505,93
<b>Caiana amarelo</b>	13,00	56,00	b 63,66	b 1,42	14,40	42,06	12,87	b 26,43	a 22,65	b 343,78	3857,08
<b>Incaper 201</b>	10,00	52,33	b 53,66	d 1,77	14,51	43,89	12,85	b 30,15	a 25,85	a 296,20	2871,36
<b>Milho branco</b>	13,00	58,00	b 64,33	b 1,48	13,50	38,68	11,80	b 28,25	a 23,40	a 298,64	2271,44
<b>Agda Moreira</b>	12,66	53,66	b 58,00	c 1,81	13,50	30,82	11,90	b 27,84	a 20,04	b 247,46	2271,44
<b>Milho branco SJM</b>	15,33	74,00	a 78,33	a 1,55	14,29	38,91	11,96	b 13,00	b 19,60	b 381,35	636,41
<b>Alfredo Chaves</b>	9,66	54,00	b 55,00	d 1,45	13,53	35,52	13,97	a 26,77	a 25,04	a 277,00	3375,16
<b>Catete</b>	12,33	53,33	b 57,66	c 1,33	15,87	39,82	11,90	b 27,25	a 23,32	a 304,15	3255,00
<b>Domingos Martins</b>	11,00	53,00	b 54,33	d 1,65	13,61	38,18	11,96	b 28,29	a 21,54	b 257,93	2763,84
<b>Catetim</b>	11,00	55,00	b 58,66	c 1,50	14,40	35,35	11,27	b 30,52	a 18,53	b 260,25	3043,70
<b>AL Bandeirantes (S2)</b>	9,66	53,66	b 55,33	d 1,20	14,89	43,06	13,50	a 29,68	a 26,01	a 314,85	4048,08
<b>AgrisureViptera</b>	10,66	48,33	c 50,33	d 1,55	12,80	41,58	14,30	a 26,51	a 25,34	a 224,43	2557,23
<b>AG1051</b>	11,33	48,66	c 53,33	d 1,30	14,43	39,62	15,40	a 32,24	a 25,08	a 268,85	4301,00
<b>AG105</b>	11,33	49,00	c 53,66	d 1,30	13,90	45,50	15,05	a 32,38	a 25,08	a 239,18	4194,52



**Figura 1** - Níveis de incidência de sintomas das doenças helmintosporiose (*Exserohilum turcicum*), ferrugem (*Puccinia sorghi*) e mancha branca (*Pantoea ananatis*) em treze cultivares de milho do Espírito Santo: 1 (Palha roxa – crioulo), 2 (Incaper 203 – comercial), 3 (Fortaleza – comercial), 4 (Aliança – comercial), 5 (Caiana amarelo – crioulo), 6 (Incaper 201 – comercial), 7 (Milho branco – crioulo), 8 (Agda Moreira – crioulo), 9 (Milho branco SMJ – crioulo), 10 (Alfredo Chaves – crioulo), 11 (Catete – crioulo), 12 (Domingos Martins – crioulo), 13 (Catetim – crioulo) e, quatro híbridos comerciais. 74 (AL Bandeirantes (S2) – híbrido comercial), 75 (AgrisuViptera – híbrido transgênico), 76 (AG 1051 – híbrido comercial) e 77 (AG 105 – híbrido comercial), avaliados na safra 2019.

A Figura 2 mostra a incidência de lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*). As cultivares Incaper 203 e Catetim apresentaram as menores médias, ambas 0.5 na escala, e, as cultivares Catete, Aliança, Agda Moreira e Caiana amarelo apresentaram as maiores médias, 1.5; 1.5; 2.0; 2.0, na escala, respectivamente. O híbrido AgrisureVíptera, não apresentou incidência da lagarta do cartucho.



**Figura 2** - Incidência de *Spodoptera frugiperda* em treze cultivares crioulas e comerciais de milho cultivados no Espírito Santo e mais quatro híbridos comerciais. 1 (Palha roxa – crioulo), 2 (Incaper 203 – comercial), 3 (Fortaleza – comercial), 4 (Aliança – comercial), 5 (Caiana amarelo – crioulo), 6 (Incaper 201 – comercial), 7 (Milho branco – crioulo), 8 (Agda Moreira – crioulo), 9 (Milho branco SMJ – crioulo), 10 (Alfredo Chaves – crioulo), 11 (Catete – crioulo), 12 (Domingos Martins – crioulo), 13 (Catetim – crioulo), 74 (AL Bandeirantes (S2) – híbrido comercial), 75 (AgrisureVíptera – híbrido transgênico), 76 (AG 1051 – híbrido comercial) e 77 (AG 105 – híbrido comercial), avaliados na safra 2019.

O híbrido AG 1051 apresentou índice de ataque igual as cultivares Palha roxa e Fortaleza e, superior as cultivares Incaper 203, Incaper 201, Milho branco e 13 Catetim.

A ferrugem comum (*Puccinia sorghi*) é uma doença de ampla distribuição, presente em regiões tropicais e subtropicais causando perdas sobretudo relacionadas a área fotossintética das folhas que é afetada com clorose e posterior senescência precoce das folhas e pode causar perda na qualidade de forragens e na produtividade de grãos (ZHENG et al, 2018). Em cultivares mais susceptíveis, a ferrugem ocasiona perdas mais significativas caso ocorra uma epidemia, provocando perda na qualidade de espigas, redução nos teores de proteínas e óleos, reduzindo a qualidade da produção de forma geral (RAMIREZ-CABRAL; KUMAR; SHABANI, 2017).



#### **4 CONCLUSÕES**

As cultivares de milho estudadas mostraram variabilidade, potencial produtivo e comportamento estável positivamente mediante as condições do plantio.

Este estudo visa caracterizar morfológicamente cultivares de milho do Espírito Santo, comportamento, adaptações e produção, tendo oportunidade, posteriormente, de melhorar geneticamente estas cultivares e fazer indicações aos produtores, bem como auxiliar no melhor entendimento do potencial desses recursos genéticos para manutenção e ampliação da variabilidade na cultura do milho.

## 5 REFERÊNCIAS

- BERNAU, V. M. et al. Germination response of diverse wild and landrace chile peppers (*Capsicum* spp.) under drought stress simulated with polyethylene glycol. **PLoS ONE**, v. 15, n. 11 November, p. 1–19, 2020.
- COLÍN-CHÁVEZ, C. et al. Comparison of nutritional properties and bioactive compounds between industrial and artisan fresh tortillas from maize landraces. **Current Research in Food Science**, v. 3, p. 189–194, 2020.
- CONAB. Acompanhamento da safra brasileira 2019/2020. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos 2019/2020**, v. 8, p. 1–29, 2020.
- FAO. **Crop Prospects and Food Situation - Quaterly Global Report**. [s.l: s.n.].
- GUZZON, F. et al. Conservation and Use of Latin American Maize Diversity: Pillar of Nutrition Security and Cultural Heritage of Humanity. **Agronomy**, v. 11, n. 1, p. 172, 2021.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo agropecuário, 2017. Rio de Janeiro: IBGE; 2017. Disponível em: [https://censoagro2017.ibge.gov.br/templates/censo\\_agro/resultadosagro/agricultura.html?localidade=32&tema=76510](https://censoagro2017.ibge.gov.br/templates/censo_agro/resultadosagro/agricultura.html?localidade=32&tema=76510). Acesso em: 20 de nov. de 2020.
- LANGNER, J. A. et al. Maize: Key agricultural crop in food security and sovereignty in a future with water scarcity. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 23, n. 9, p. 648–654, 2019.
- MARONE, D. et al. Importance of Landraces in Cereal Breeding for Stress Tolerance. **Plants**, v. 10, 2021.
- MAYER, M. et al. Discovery of beneficial haplotypes for complex traits in maize landraces. **Nature Communications**, v. 11, n. 1, p. 1–10, 2020.
- OCAMPO-GIRALDO, V. et al. Dynamic conservation of genetic resources: Rematriation of the maize landrace Jala. **Food Security**, v. 12, n. 5, p. 945–958, 2020.
- PALACIOS-ROJAS, N. et al. Mining maize diversity and improving its nutritional aspects within agro-food systems. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 19, n. 4, p. 1809–1834, 2020.
- PRASANNA, B. M. et al. Molecular Breeding for Nutritionally Enriched Maize: Status and Prospects. **Frontiers in Genetics**, v. 10, n. February, p. 1–16, 2020.
- R CORE TEAM. R: a language and environment for statistical computing. Vienna, Áustria: R Foundation for Statistical Computing, 2020. Disponível em: <<http://www.Rproject.org/>>.

RAMIREZ-CABRAL, N. Y. Z.; KUMAR, L.; SHABANI, F. Global risk levels for corn rusts (*Puccinia sorghi* and *Puccinia polysora*) under climate change projections. **Journal of Phytopathology**, v. 165, n. 9, p. 563–574, 2017.

ROVARIS, S. R. S. et al. Genetic characterization of the 28 maize landraces in Paraná State. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 38, n. 4, p. 1715–1726, 2017.

TANUMIHARDJO, S.A. et al.. Maize Agro-Food Systems to Ensure Food and Nutrition Security in Reference to the Sustainable Development Goals. **Global Food Security**. 2020.

TEIXEIRA, F. F.; COSTA, F. M. Caracterização de recursos genéticos de milho. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2010. 10 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Comunicado Técnico, 185).

VILLA, T. C.C. et al. Defining and identifying crop landraces. **Plant Genetic Resources**. p. 373-384, 2005.

ZHENG, H. et al. Combined linkage and association mapping reveal QTL for host plant resistance to common rust (*Puccinia sorghi*) in tropical maize. **BMC Plant Biology**, v. 18, n. 1, p. NA, 2018.

## 6 APÊNDICE

**Apêndice 1.** Catálogo fotográfico descritivo de treze cultivares de milho cultivadas no Espírito Santo.

Palha Roxa



**Procedência:** Venda Nova  
do Imigrante

**Cor:** vermelho

**Protandria:** 6,5 dias

**Altura da planta:** 282 cm

**Prolificidade:** 2,33 espigas/planta

**Comprimento da espiga:** 13,8 cm

**Diâmetro da espiga:** 41,65 mm

**Número de fileiras por espiga:** 12

**Número de grãos por fileira:** 31

**Produtividade:** 2528 kg/ha

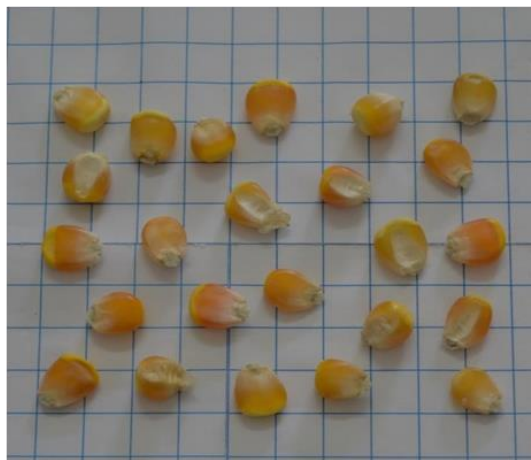
**Incidência de *Spodoptera frugiperda*:**  
sem incidência

**Incidência de helmintosporiose:** sem  
incidência

**Incidência de ferrugem:** sem incidência

**Incidência de mancha branca:** sem  
incidência

## Incaper 203



**Procedência:** Espírito Santo

**Cor:** laranja

**Protandria:** 3 dias

**Altura da planta :**256 cm

**Prolificidade:** 1,25 espigas/planta

**Comprimento da espiga:** 14 cm

**Diâmetro da espiga:** 38,53 mm

**Número de fileiras por espiga:** 12,8

**Número de grãos por fileira:** 27,31

**Produtividade:** 4299,21 kg/ha

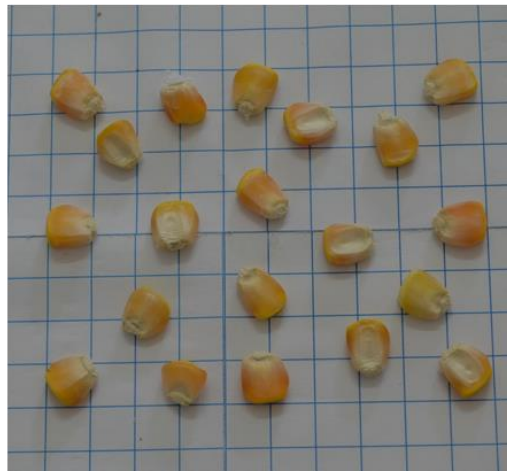
**Incidência de Spodoptera frugiperda:**  
0,66 plantas em 10 plantas

**Incidência de helmintosporiose:** sem incidência

**Incidência de ferrugem:** sem incidência

**Incidência de mancha branca:** sem incidência

## Fortaleza



**Procedência:** Linhares

**Cor:** amarelo

**Protandria:** 5 dias

**Altura da planta:** 268 cm

**Prolificidade:** 1,2 espigas/planta

**Comprimento da espiga:** 14,40 cm

**Diâmetro da espiga:** 46,27 mm

**Número de fileiras por espiga:** 13,85

**Número de grãos por fileira:** 29,14

**Produtividade:** 4171,35 kg/ha

**Incidência de Spodoptera frugiperda:** 1 planta em 10 plantas

**Incidência de helmintosporiose:** 1,5 plantas em 10 plantas

**Incidência de ferrugem:** 0,5 plantas em 10 plantas

**Incidência de mancha branca:** 1,5 plantas em 10 plantas

## Catetim



**Procedência:** Venda Nova do Imigrante

**Cor:** laranja

**Protandria:** 3,67 dias

**Altura da planta :**277 cm

**Prolificidade:** 1,5 espigas

**Comprimento da espiga:** 14,4 cm

**Diâmetro da espiga:** 35,35 mm

**Número de fileiras por espiga:** 11,27

**Número de grãos por fileira:** 30,52

**Produtividade:** 3043,7 kg/ha

**Incidência de Spodoptera frugiperda:**  
0,67 plantas em 10 plantas

**Incidência de helmintosporiose:** 1,33  
plantas em 10 plantas

**Incidência de ferrugem:** 3 plantas em 10  
plantas

**Incidência de mancha branca:** sem  
incidência

Alfredo Chaves



**Procedência:** Alfredo chaves

**Cor:** amarelo

**Protandria:** 1 dia

**Altura da planta:** 246 cm

**Prolificidade:** 1,45 espigas/planta

**Comprimento da espiga:** 13,53 cm

**Diâmetro da espiga:** 35,51 mm

**Número de fileiras por espiga:** 13,97

**Número de grãos por fileira:** 26,77

**Produtividade:** 3375,16 kg/ha

**Incidência de Spodoptera frugiperda:**  
1,67 plantas em 10 plantas

**Incidência de helmintosporiose:** 1,67  
plantas em 10 plantas

**Incidência de ferrugem:** 3 plantas em 10  
plantas

**Incidência de mancha branca:** sem  
incidência



## Milho Branco SMJ



**Procedência:** Santa Maria de Jetibá

**Cor:** branco

**Protandria:** 4,33 dias

**Altura da planta:** 318 cm

**Prolificidade:** 1,56 espigas/planta

**Comprimento da espiga:** 14,28 cm

**Diâmetro da espiga:** 38,91 mm

**Número de fileiras por espiga:** 10,5

**Número de grãos por fileira:** 13

**Produtividade:** 636,41 kg/ha

**Incidência de *Spodoptera frugiperda*:** 1 planta em 10 plantas

**Incidência de helmintosporiose:** 2,5 plantas em 10 plantas

**Incidência de ferrugem:** 1,5 plantas em 10 plantas

**Incidência de mancha branca:** sem incidência

## Caiana Amarelo



**Procedência:** São Jose do Calçado

**Cor:** laranja/amarelado

**Protandria:** 7,66 dias

**Altura da planta:** 329 cm

**Prolificidade:** 1,42 espigas/planta

**Comprimento da espiga:** 14,4 cm

**Diâmetro da espiga:** 42,05 mm

**Número de fileiras por espiga:** 12,87

**Número de grãos por fileira:** 26,43

**Produtividade:** 2844,819 kg/ha

**Incidência de Spodoptera frugiperda:**  
1,66 plantas em 10 plantas

**Incidência de helmintosporiose:** 3 plantas  
em 10 plantas

**Incidência de ferrugem:** 1 planta em 10  
plantas

**Incidência de mancha branca:** sem  
incidência

## Aliança



**Procedência:** Muqui

**Cor:** amarelo

**Protandria:** 1,66 dias

**Altura da planta:** 266 cm

**Prolificidade:** 1,33 espigas/planta

**Comprimento da espiga:** 14,11 cm

**Diâmetro da espiga:** 47,35 mm

**Número de fileiras por espiga:** 13,16

**Número de grãos por fileira:** 28,66

**Produtividade:** 5505,93 kg/ha

**Incidência de *Spodoptera frugiperda*:** 2 plantas em 10 plantas

**Incidência de helmintosporiose:** 3 plantas em 10 plantas

**Incidência de ferrugem:** 2 plantas em 10 plantas

**Incidência de mancha branca:** sem incidência

## Incaper 201



**Procedência:** Espírito Santo

**Cor:** amarelo/alaranjado

**Protandria:** 1,33 dias

**Altura da planta:** 257 cm

**Prolificidade:** 1,77 espigas/planta

**Comprimento da espiga:** 14,51 cm

**Diâmetro da espiga:** 43,89 mm

**Número de fileiras por espiga:** 12,85

**Número de grãos por fileira:** 30,15

**Produtividade:** 3857,08 kg/ha

**Incidência de *Spodoptera frugiperda*:**  
0,66 plantas em 10 plantas

**Incidência de helmintosporiose:** 1,5  
plantas em 10 plantas

**Incidência de ferrugem:** 1 planta em 10  
plantas

**Incidência de mancha branca:** sem  
incidência

## Agda Moreira



**Procedência:** Domingos Martins

**Cor:** colorido

**Protandria:** 4,33 dias

**Altura da planta:** 320 cm

**Prolificidade:** 1,81 espigas/planta

**Comprimento da espiga:** 13,09 cm

**Diâmetro da espiga:** 30,83 mm

**Número de fileiras por espiga:** 11,9

**Número de grãos por fileira:**

**Produtividade:** 2271,44 kg/ha

**Incidência de *Spodoptera frugiperda*:**

1,67 plantas em 10 plantas

**Incidência de helmintosporiose:** 3 plantas

em 10 plantas

**Incidência de ferrugem:** 0,5 plantas em

10 plantas

**Incidência de mancha branca:** sem

incidência

## Milho Branco



**Procedência:** Venda Nova do imigrante

**Cor:** branco

**Protandria:** 6,33 dias

**Altura da planta:** 269 cm

**Prolificidade:** 1,48 espigas/planta

**Comprimento da espiga:** 13,5 cm

**Diâmetro da espiga:** 38,69 mm

**Número de fileiras por espiga:** 11,8

**Número de grãos por fileira:** 28,25

**Produtividade:** 2871,37 kg/ha

**Incidência de *Spodoptera frugiperda*:**  
0,67 plantas em 10 plantas

**Incidência de helmintosporiose:** sem incidência

**Incidência de ferrugem:** sem incidência

**Incidência de mancha branca:** sem incidência

## Catete



**Procedência:** Venda Nova do Imigrante

**Cor:** laranja

**Protandria:** 4,33 dias

**Altura da planta:** 303 cm

**Prolificidade:** 1,33 espigas/planta

**Comprimento da espiga:** 15,87 cm

**Diâmetro da espiga:** 39,81 mm

**Número de fileiras por espiga:** 11,9

**Número de grãos por fileira:** 27,25

**Produtividade:** 3255 kg/ha

**Incidência de *Spodoptera frugiperda*:**  
2,33 plantas em 10 plantas

**Incidência de helmintosporiose:** 2,33  
plantas em 10 plantas

**Incidência de ferrugem:** 0,67 plantas  
em 10 plantas

**Incidência de mancha branca:** sem  
incidência

Domingos Martins



**Procedência:** Domingos Martins

**Cor:** laranja

**Protandria:** 1,33 dias

**Altura da planta:** 332 cm

**Prolificidade:** 1,65 espigas/planta

**Comprimento da espiga:** 13,61 cm

**Diâmetro da espiga:** 38,18 mm

**Número de fileiras por espiga:** 11,96

**Número de grãos por fileira:** 28,28

**Produtividade:** 2763,84 kg/ha

**Incidência de Spodoptera frugiperda:**  
1,33 plantas em 10 plantas

**Incidência de helmintosporiose:** 3  
plantas em 10 plantas

**Incidência de ferrugem:** 1,5 plantas em  
10 plantas

**Incidência de mancha branca:** sem  
incidência



## CAPÍTULO II

### **Avaliação da interação genótipo por ambiente e análise de estabilidade produtiva de variedades milho sob diferentes estratégias**

#### **RESUMO**

**Resumo** – O milho (*Zea mays* L.) é amplamente cultivado no mundo e no Brasil. Os efeitos da interação genótipo x ambiente (G x E) e os parâmetros de estabilidade são de grande importância para a indicação de genótipos responsivos para as diferentes regiões de cultivo. Objetivou-se com este trabalho, estudar a interação G x E de cultivares de milho, a fim de identificar materiais adaptáveis e estáveis explorando a variabilidade por meio de recursos genéticos. Foram avaliadas treze cultivares de milho, sendo destas nove crioulas e quatro comerciais. As cultivares foram avaliadas em nove ambientes em um delineamento de blocos casualizados com 3 repetições. Os parâmetros de adaptabilidade e estabilidade foram testados por cinco diferentes metodologias, sendo estas: Annicchiarico (1992), Eberhart & Russel (1966), Lin & Binns (1988), metodologia AMMI e GGE biplot. Os métodos utilizados corroboraram quanto os resultados. A cultivar comercial Aliança aproximou-se do nível considerado como adaptabilidade geral ou ampla. Os ambientes 5, 6, 7 e 9 foram considerados desfavoráveis. As cultivares crioulas Alfredo Chaves, Catete e Catetim, apresentaram bons índice de estabilidade, com produtividade média de 5870,36; 5259,27 e 4914,20 kg/ha, respectivamente.

**Palavras-chave:** Interação genótipos x ambientes, adaptação, variabilidade genética, produtividade.

## 1 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é cultivado em todas as regiões do Brasil e amplamente cultivado em todo o mundo sob diferentes sistemas de produção e níveis de tecnologia. A interação com diferentes ambientes, pode implicar em dificuldade de indicação de genótipos para cada uma das regiões de cultivo, visto que a interação pode ser positiva em relação a produtividade e adaptação para uma região e de resposta contrária para outra. Torna-se necessário então, testá-los em diferentes ambientes e épocas de plantio, para verificar sua interação com o ambiente e assim poder minimizar os efeitos dessa interação e, identificar genótipos que melhor respondem as mudanças, diferenças e estímulos ambientais (FARIA et al., 2017; OLIVEIRA et al., 2020).

A produção de grãos de milho, por área cultivada, vem crescendo nos últimos quarenta anos. No entanto, as regiões de cultivo são muitas e cada uma com suas peculiaridades ambientais, ocorrendo assim grande flutuação e dificuldades na indicação de genótipos adequados a cada região. Assim, o estudo da interação genótipo ambiente ajuda a minimizar os riscos da indicação de genótipos que poderiam não ser adequados a determinada região (SANTOS et al., 2019).

Os efeitos de interação genótipo x ambiente (G x E) juntamente com os parâmetros de adaptabilidade e estabilidade são de grande importância para os programas de melhoramento. Uma vez que os genótipos podem apresentar comportamento, desenvolvimento e conseqüentemente produtividade diferenciada, em virtude das variações ambientais as quais são submetidos, por isso, é fundamental que o melhorista esteja inteirado do tipo de interação e comportamento de genótipos perante as mudanças de ambiente para que possa planejar adequadamente a estrutura do programa de melhoramento (PINTO et al., 2019).

O estudo de adaptabilidade e estabilidade refere-se à capacidade de resposta dos genótipos perante aos estímulos do ambiente e de um comportamento previsível dessas respostas em função de tais estímulos, respectivamente (SOUZA, et al., 2020). Os genótipos devem ser avaliados em diferentes localidades, em diferentes épocas de plantio em função não somente de sua produtividade, mas também de sua adaptabilidade, estabilidade e adequação à cada região alvo de trabalho, para reduzir as chances de recomendações equivocadas (PINTO et al., 2019). A identificação de genótipos superiores através da interação genótipo x ambiente não é um trabalho simples contudo, é de extrema importância visto que é o fator que causa mudança do comportamento e desempenho do genótipo nos diferentes ambientes (DE OLIVEIRA et al., 2019). Estudos de interação G X E permitem a identificação de genótipos

ideais para cada região, aumentando o potencial produtivo e reduzindo custos de produção (OYEKUNLE et al., 2017). Diversos métodos foram desenvolvidos para esse tipo de estudo, sendo importante destacar a metodologia de modelos mistos, uma vez que o método considera erros dentro de cada ambiente e fornece valores genéticos já em função de sua estabilidade juntamente com a adaptabilidade, permitindo assim uma seleção sob três importantes atributos: produtividade, adaptabilidade e estabilidade (PINTO et al., 2019).

O método de Eberhart & Russel (1966) é utilizado com frequência para estudos de adaptabilidade e estabilidade em diversas espécies vegetais (CARGNELUTTI FILHO; GUADAGNIN, 2018). Este método estima o desempenho médio de um genótipo em diferentes ambientes, relacionando ao desempenho de todos os genótipos avaliados nos mesmos ambientes (MAFOUASSON et al., 2018).

O método de Lin e Binns (1988) mede a resposta do genótipo em relação ao melhor genótipo em cada um dos ambientes. A estimação do parâmetro P é feita através do quadrado médio da distância entre a média do genótipo e a resposta média máxima obtida no ambiente, em que (TEODORO et al., 2019; YAMAMOTO et al., 2021).

No método de Annicchiarico (1992), considera-se todos os ambientes para o desdobramento dos quadrados dos efeitos ambientais e interação GxE. Isso gera então, uma informação para cada genótipo que são comparados através de um índice que indica ambientes favoráveis e desfavoráveis para cada um dos genótipos (ROTHER et al., 2019). A adaptabilidade e estabilidade genotípica são dadas por:  $\omega_i(g) = \mu_i(g) - Z(1-\alpha)\sigma_{zi}$  onde,  $\omega_i(g)$  é o índice de recomendação;  $\mu_i(g)$  é a percentagem média dos genótipos i;  $Z(1-\alpha)$  a percentagem da função de distribuição normal padrão, e  $\sigma_{zi}$  é o desvio padrão dos valores  $Z_{ij}$ , que está associado ao i-ésimo genótipo (CARNEIRO et al., 2019).

As metodologias para estudos de adaptabilidade e estabilidade utilizadas neste trabalho são amplamente utilizadas. Rezende et al (2021), relatam em estudo de revisão com 113 artigos sobre milho e soja publicados em um período de quase 50 anos, quais métodos eram mais utilizados pelos autores. As metodologias aqui realizadas estão entre as mais utilizadas, de acordo com a revisão.

O estado do Espírito Santo pertencente a região sudeste do Brasil é um estado que apresenta muitas variações ambientais, de temperatura e relevo. Também é um estado onde a produção agrícola é predominantemente de pequenos agricultores (IBGE, 2017) dos quais grande maioria carrega e mantém tradições familiares de centenas de anos. Dessa tradição é que vem sendo trazidas e conservadas as sementes das cultivares crioulas de milho, alvo do presente estudo. As cultivares crioulas possuem imenso potencial para as diversas aplicações

que a cultura do milho é utilizada, uma vez que sua variabilidade genética é gigantesca e ainda pouco conhecida. Assim, um estudo de adaptabilidade e estabilidade é de imensa importância, uma vez que irá indicar quais cultivares podem produzir e se adaptar em cada região de acordo com variações climáticas, tipo de solo e relevo e épocas diferentes de plantio sendo possível a indicação de cultivares produtivas e adaptadas para os produtores das regiões.

Diante disso, surge como objetivo deste trabalho estudar a interação G x E de cultivares de milho cultivadas no estado do Espírito Santo, a fim de identificar materiais adaptáveis e estáveis possibilitando a exploração da variabilidade e recursos genéticos desses materiais, que possibilitará maior potencial de ganhos no melhoramento genético, beneficiando produtores, consumidores e a pesquisa científica.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 EXPERIMENTOS A CAMPO

Foram instalados experimentos com treze cultivares selecionadas de milho sendo uma, cultivar recomendada pelo Incaper 'Capixaba Incaper 203'. Os experimentos foram instalados nas seguintes localidades: Fazenda Experimental de Venda Nova do Imigrante (FEVN), Fazenda Experimental do Incaper de Linhares, Fazenda Experimental Bananal do Norte (FEBN) e em propriedades rurais nos municípios de Mucurici e Mimoso do Sul.

Os plantios foram realizados em anos e safras distintas, totalizando nove ambientes diferentes (Tabela 2). Os experimentos foram implantados em delineamento de blocos casualizados (DBC) e com 3 repetições, as parcelas experimentais foram compostas por 4 linhas de 2m, espaçadas 1,0m entre linhas e cinco plantas por metro linear. A área útil da parcela foi constituída pelas duas linhas centrais com a avaliação de cinco plantas coletadas aleatoriamente dentro da parcela útil.

**Tabela 2** - Localidades, época de plantio, ciclo, precipitação, temperatura e umidade de cada região de plantio das treze cultivares de milho do Espírito Santo.

Local	Plantio	Ciclo	Precip	U2	RH	Tmax	Tmin
Cachoeiro de Itapemirim	01/04/2019	154	1,25	2,11	72,57	28,14	17,12
Cachoeiro de Itapemirim	17/12/2019	149	5,07	2,08	83,15	27,63	19,46
Cachoeiro de Itapemirim	26/03/2020	173	1,39	2,15	77,45	26,45	16,17
Linhares	17/09/2018	155	4,43	1,73	76,18	30,49	21,82

Linhares	23/04/2020	140	1,41	1,48	73,97	28,28	18,84
Mimoso	21/03/2019	155	1,41	2,35	72,06	29,44	19,35
Mucurici	20/03/2019	155	1,80	2,14	72,33	30,18	18,77
Venda Nova	19/12/2017	153	4,43	1,96	80,52	27,87	18,62
Venda Nova	18/12/2019	156	4,82	2,02	83,50	27,06	18,37

Fonte: NasaPower

## 2.2 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Para estimação dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade, das treze cultivares de milho, foram utilizados os seguintes métodos: Eberhart & Russel (1966), Lin & Binns (1988), Annicchiarico (1992), efeitos principais aditivos e interação multiplicativa (AMMI-Biplot) (ZOBEL; WRIGHT; GAUCH, 1988) e genotype+genotype-by-environment (GGE-Biplot) (YAN et al., 2000). Tais análises foram realizadas através dos programas computacionais Genes (Cruz, 2016) e R (R CORE TEAM, 2020).

O método de Eberhart & Russel (1966) utiliza o seguinte modelo:

$$y_{ij} = \beta_{0i} + \beta_{1i} I_j + \sigma^2_{di} + \bar{\varepsilon}_{ij}$$

Em que:

$Y_{ij}$  é a média do genótipo  $i$ , no ambiente  $j$ ;

$\beta_{0i}$  é a constante da regressão e representa a média geral do genótipo  $i$ ;

$\beta_{1i}$  é o coeficiente da regressão linear, que mede a resposta do  $i$ -ésimo genótipo para variação do  $j$ -ésimo ambiente;

$I_j$  é o índice ambiental codificado;

$\sigma^2_{di}$  é a variância dos desvios da regressão e;

$\bar{\varepsilon}_{ij}$  é o erro experimental médio.

As estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade são obtidas através do coeficiente de regressão  $\beta_{1i}$  de cada genótipo em relação ao índice ambiental (adaptabilidade) e através do quadrado médio dos desvios da regressão  $\sigma^2_{di}$  (estabilidade). Quando o coeficiente de regressão linear ( $\beta_{1i}$ ) é igual a 1 indica que os genótipos apresentam adaptabilidade geral. Quando  $\beta_{1i} > 1$  os genótipos apresentam adaptabilidade específica a ambientes favoráveis. Quando  $\beta_{1i} < 1$  indica genótipos com adaptabilidade a ambientes desfavoráveis. Genótipos com previsibilidade, ou seja, estabilidade de comportamento, possuem  $\sigma^2_{di} = 0$  e, quando possuem comportamento imprevisível possuem  $\sigma^2_{di} \neq 0$ . O coeficiente de determinação ( $R^2$ ) auxilia na determinação da estabilidade dos genótipos (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2012).

O método Lin & Binns (1988) utiliza o seguinte método para análise de adaptabilidade:

$$P_i = \sum_{j=1}^a (Y_{ij} - M_j)^2 / 2a$$

Em que:

$P_i$  : estimativa do parâmetro de estabilidade do i-ésimo genótipo;

$Y_{ij}$ : produtividade do i-ésimo genótipo no j-ésimo ambiente;

$M_j$  : resposta máxima observada entre todos os genótipos no j-ésimo ambiente e;

$a$ : número de ambientes.

O método de Annicchiarico (1992) baseia-se na decomposição  $\omega_{i(g)}$  e a estabilidade analisada através do seguinte modelo estatístico:

$$\omega_{i(g)} = \mu_{i(g)} - Z_{(1-\alpha)}$$

em que,

$\omega_{i(g)}$ : índice de recomendação;

$\mu_{i(g)}$ : porcentagem média dos genótipos;

$Z_{(1-\alpha)}$ : porcentagem da função de distribuição normal padrão;

$\sigma_{zi}$ : desvio padrão dos valores  $Z_{ij}$ , associado ao i-ésimo genótipo

O método AMMI-Biplot combina a análise de variância com a análise dos componentes principais onde os componentes aditivos estudam os efeitos aditivos e os componentes multiplicativos estudam a interação GxA (ZOBEL; WRIGHT; GAUCH, 1988). Este método utiliza a seguinte equação:

$$\bar{Y}_{ij} = \mu + g_i + a_j + \sum_{k=1}^n \lambda_k \gamma_{ik} \alpha_{jk} + r_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

Onde,

$\bar{Y}_{ij}$  é a média de produtividade do genótipo i no ambiente j;

$\mu$ : é média geral dos experimentos;

$g_i$ : efeito do genótipo i;

$a_j$ : efeito do ambiente j;

$\sum_{k=1}^n \lambda_k \gamma_{ik} \alpha_{jk}$ : efeito da interação multiplicativa, em que:

$\lambda_k$ : valor singular;

$\gamma_{ik}$  e  $\alpha_{jk}$  são os escores da ACP do eixo k para genótipo e ambiente, respectivamente; e,

n é o número de componentes principais retidos para descrever o padrão da interação GxA;

$r_{ij}$ : efeito residual do modelo AMMI (ruído);

$\varepsilon_{ij}$ : erro experimental considerado de efeito aleatório.

A análise GGE utiliza o modelo estatístico:

$$Y_{ij} - \mu - E_j = Y_1 \varepsilon_{i1} \rho_{j1} + Y_2 \varepsilon_{i2} \rho_{j2} + \varepsilon_{ij}$$

Em que,

$Y_{ij}$ : produtividade do i-ésimo genótipo no j-ésimo ambiente;

$\mu$ : média geral;  $E_j$ : efeito do ambiente;

$Y_1$  e  $Y_2$ : valores singulares do IPCA1 e IPCA2;

$\varepsilon_{i1}$  e  $\varepsilon_{i2}$ : escores do IPCA1 e IPCA2 referente ao i-ésimo genótipo;

$\rho_{j1}$  e  $\rho_{j2}$ : escores do IPCA1 e IPCA2 referente ao j-ésimo ambiente;

$\varepsilon_{ij}$ : efeito residual não explicado por nenhum dos fatores (“ruído”).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resultado da análise do índice ambiental pelo método Annicchiarico (Tabela 3) mostrou quatro, dos nove ambientes, como sendo desfavoráveis, são eles: ambiente 5 (Cachoeiro de Itapemirim 2019), ambiente 6 (Venda Nova do Imigrante 2019), ambiente 7 (Cachoeiro de Itapemirim 2019/2) e ambiente 9 (Cachoeiro de Itapemirim 2020). Os ambientes favoráveis seguiram o seguinte ranking de acordo com média de produtividade: ambiente 1 (Venda Nova 2017), ambiente 2 (Linhares 2018), ambiente 4 (mimoso do Sul 2019), ambiente 8 (Linhares 2020) e ambiente 3 (Mucurici 2019).

Os ambientes são classificados em favoráveis ou desfavoráveis através do índice que cada um obteve através do cálculo da média geral de produtividade dos ambientes menos a média de cada um dos ambientes. Os ambientes com valores superiores são considerados favoráveis e valores inferiores, ambientes desfavoráveis. Os ambientes com as maiores médias de produção foram 1, 2 e 4. Já os piores ambientes foram 7, 9 e 5, todos do município de Cachoeiro de Itapemirim, seguidos do ambiente 6 em Venda Nova do Imigrante

**Tabela 3** - Classificação dos nove ambientes de cultivo das treze cultivares de milho do Espírito Santo e média de produção para cada ambiente pelo método Annicchiarico (1992).

Ambientes/safras	Média (kg/ha)	Índice	Classe
1 - Venda Nova 2017	6780,28	1784,20	Favorável
2 - Linhares 2018	6547,44	1551,35	Favorável
3 - Mucurici 2019	5126,62	130,53	Favorável
4 - Mimoso 2019	5761,54	765,45	Favorável
5 - Cachoeiro de Itapemirim 2019	3845,51	-1150,57	Desfavorável
6 - Venda Nova 2019	3792,38	-1203,70	Desfavorável
7 - Cachoeiro de Itapemirim 2019/2	4036,67	-959,42	Desfavorável
8 - Linhares 2020	5216,33	220,25	Favorável
9 - Cachoeiro de Itapemirim 2020	3858,00	-1138,09	Desfavorável

O método de Annicchiarico (1992) avalia o desempenho do genótipo e sua estabilidade onde os maiores valores do índice de recomendação ( $W_i$ ) irão expressar maior estabilidade e adaptabilidade genotípica (Tabela 4).



**Tabela 4** - Estimativa dos parâmetros de estabilidade pelo método Annicchiarico (1992) para produtividade de grãos de treze cultivares crioulas e comerciais de milho cultivadas no Espírito Santo, com análise geral com todos os nove ambientes (WiG), ambientes favoráveis (WiF) e ambientes desfavoráveis (WiD).

Cultivar	WiG <sup>1</sup>	WiF <sup>2</sup>	WiD <sup>3</sup>
Palha roxa	76,29	89,34	64,60
Incaper 203	79,66	90,31	66,83
Fortaleza	82,80	70,39	97,36
Aliança	124,24	122,72	124,18
Caiana amarelo	78,87	73,88	85,37
Incaper 201	91,42	106,63	73,11
Milho branco	65,51	94,39	45,22
Agda Moreira	50,68	55,34	42,09
Milho branco SMJ	42,11	49,43	30,27
Alfredo Chaves	83,32	80,54	101,02
Catete	93,37	89,77	97,40
Domingos Martins	70,21	63,74	78,32
Catetim	77,40	79,32	92,17

A análise geral com todos os ambientes (WiG) mostra a cultivar Aliança na liderança com maior índice, indicando maior estabilidade para todos os ambientes. Em seguida estão as cultivares Catete, Incaper 201, Alfredo Chaves, Fortaleza, Incaper 203, Catetim e Palha roxa com os maiores índices de estabilidade. A cultivar Milho branco SMJ apresentou o menor índice, sendo considerada a mais instável dentre as cultivares, seguida das cultivares Agda Moreira, Milho branco e Domingos Martins.

Quando analisadas para os ambientes favoráveis (WiF) houve diferenças no comportamento da estabilidade. A cultivar Aliança manteve o maior índice de estabilidade dentre as treze cultivares. As cultivares Palha roxa, Incaper 203, Incaper 201, Milho branco, Agda Moreira e Catetim apresentaram um aumento no índice da estabilidade, com destaque para a cultivar Milho branco que saltou de 65,51 (WiG) para 94,39 (WiF).

Na análise das cultivares para os ambientes desfavoráveis (WiD), observa-se que as cultivares Fortaleza, Caiana amarelo, Alfredo Chaves, Catete, Domingos Martins e Catetim, junto com Aliança, apresentaram os maiores índices de estabilidade.

A cultivar Aliança foi destaque com os melhores índices em todos os ambientes, sendo considerada a de maior estabilidade para todos os ambientes.

**Tabela 5** - Estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade pelo método de Eberhart e Russel (1966) para a característica produtividade de grãos de treze cultivares de milho do Espírito Santo.

Cultivar	Média (kg.ha <sup>-1</sup> )	$\beta_1$	S <sup>2</sup> d	Prob(%)	R <sup>2</sup> (%)
Palha roxa	4734,02	1,22	116219,22	37,03 <sup>ns</sup>	63,57
Incaper 203	4888,70	1,33	-72066,75	100,00 <sup>ns</sup>	70,77
Fortaleza	5486,59	1,30	3062997,04	0,18**	38,49
Aliança	6769,88	0,98	-417313,44	100,00 <sup>ns</sup>	64,88
Caiana amarelo	4789,33	1,25	385375,29	24,98 <sup>ns</sup>	60,41
Incaper 201	5824,10	1,16	1765127,06	2,26*	41,71
Milho branco	4352,02	1,65	-588033,19	100,00 <sup>ns</sup>	86,80
Agda Moreira	3636,67	0,77	1292516,75	5,41 <sup>ns</sup>	27,17
Milho branco SMJ	4061,48	1,42	5550993,11	0**	32,38
Alfredo Chaves	5870,36	0,37	4034914,88	0,02**	3,98
Catete	5259,27	0,79	-240573,08	100,00 <sup>ns</sup>	50,02
Domingos Martins	4362,50	0,50	443446,82	22,84 <sup>ns</sup>	19,14
Catetim	4914,20	0,25	490059,11	21,24 <sup>ns</sup>	5,47

$\beta_1$  – parâmetro para adaptabilidade; S<sup>2</sup>d – parâmetro para estabilidade; R<sup>2</sup>(%) – coeficiente de determinação; ns – não significativo; \* - significativamente diferente de 1 ao nível de 5% de probabilidade; \*\* -significativamente diferente de 0 ao nível de 5% de probabilidade.

Interessante destacar as cultivares Fortaleza, Caiana amarelo, Alfredo Chaves, Catete, Domingos Martins e Catetim, que apresentaram maior estabilidade para os ambientes desfavoráveis, podendo este fato indicar, melhor comportamento e maior estabilidade também a fatores ambientais adversos como oscilação do volume de chuva, possíveis estresses bióticos e condições inferiores de nutrição e estrutura de solo. Entretanto, também se observa a diminuição do índice de estabilidade de algumas cultivares, sendo elas Palha roxa, Incaper 203, Incaper 201, Milho branco, Agda Moreira e Milho branco SMJ que apresentaram melhor desempenho para ambientes favoráveis, decaindo quando analisadas para todos os ambientes e diminuindo ainda mais quando comparadas nos ambientes desfavoráveis.

As cultivares também foram analisadas quanto suas estimativas de adaptabilidade e estabilidade pelo método de Eberhart e Russel (Tabela 5). Este método baseia-se em regressão linear e considera como genótipo ideal aquele que possui alto rendimento de grãos, o parâmetro para estabilidade ( $S^2d$ ) deve ser baixo e o parâmetro para adaptabilidade ( $\beta_1$ ) igual a 1 além de um alto coeficiente de determinação ( $R^2$ ) (CARNEIRO et al., 2018).

As cultivares Palha roxa, Incaper 203, Fortaleza, Caiana Amarelo, Incaper 201, Milho branco e Milho branco SMJ apresentaram coeficiente de regressão ( $\beta_1$ ) superior a 1,0 o que de acordo com o método, indica adaptabilidade específica a ambientes favoráveis, ou seja, apresentam melhor desempenho quando em condições favoráveis de clima, temperatura e condições de solo, podendo diminuir o desempenho em alguma condição adversa.

As cultivares Agda Moreira, Alfredo Chaves, Catete, Domingos Martins e Catetim foram classificadas com adaptabilidade específica para ambientes desfavoráveis uma vez que apresentaram  $\beta_1$  inferior a 1,0. Somente a cultivar Aliança aproximou-se da classificação de adaptabilidade geral ou ampla, pois  $\beta_1$  foi de 0,98 próximo de 1,0 que pelo método de Eberhart e Russel (1966) é classificada como adaptabilidade geral ou ampla. Esse resultado mostra o potencial da cultivar Aliança que nos dois métodos estudados, Annicchiarico (1992) e Eberhart e Russel (1966), aparece como a que apresenta maior destaque, com alta capacidade de adaptação aos diferentes ambientes, sejam favoráveis ou desfavoráveis.

As estabilidades das cultivares Incaper 203, Aliança, Milho branco e Catete resultaram em valores menores que zero, indicando maior previsibilidade perante os estímulos ambientais. De acordo com Beyer et al. (2015) genótipos com scores próximos a zero são mais estáveis e apresentam adaptação ampla. As demais cultivares foram consideradas de baixa previsibilidade, uma vez que apresentaram valores maiores que zero.

Oliveira et al (2018) em avaliação de 25 híbridos de milho, em 22 ambientes, divididos entre os estados do Maranhão, Piauí e Sergipe observaram dois genótipos com adaptabilidade

específica para ambientes favoráveis e apenas quatro, dos 25 genótipos, com adaptabilidade específica para ambientes desfavoráveis. O restante dos genótipos foi considerado de adaptabilidade geral. Quanto a estabilidade, segundo os autores, todos 25 genótipos foram considerados de baixa previsibilidade já que apresentaram parâmetros com valores maiores que zero.

Como observado no presente estudo, as cultivares apresentaram comportamentos distintos em relação as avaliações para todos os ambientes. Esta variação de comportamento é interessante e tem grande importância, uma vez que demonstra a variabilidade existente entre as cultivares e aponta materiais que apresentam adaptabilidade ampla e específica para determinados ambientes. Outro fator que pode influenciar nos resultados é a interação G x E. Segundo Gauch & Zobel (1996), o ambiente explica 80% da variação encontrada, enquanto o genótipo explica 10 – 15% da variação.

O método de Lin & Binns (1988), em que os resultados apresentados indicam que, as cultivares Aliança, Alfredo Chaves, Catete, Catetim e Incaper 201 foram as mais estáveis considerando-se a análise geral, visto que apresentaram os menores índices de PiG tendo destaque a cultivar Aliança com o menor índice, apresentando assim maior estabilidade em relação aos outros genótipos em uma análise geral considerando todos os ambientes (Tabela 6).

Algumas peculiaridades quando analisado o desempenho das cultivares nos ambientes considerados favoráveis [Pi(+)] e desfavoráveis [Pi(-)] são observadas (Tabela 6). Para os ambientes favoráveis temos as cultivares Aliança, Incaper 201, Alfredo Chaves, Palha roxa e Milho branco com os menores índices PiG, apresentando-se como os mais estáveis respectivamente. Já nos ambientes desfavoráveis destacam-se Alfredo Chaves, Catetim, Aliança, Domingos Martins e Fortaleza com os melhores índices de estabilidade. Destacam-se ainda, Alfredo Chaves e Catetim que apresentaram melhores índices para os ambientes desfavoráveis do que para ambientes favoráveis em que estão em sétima e nona posição, respectivamente, em relação às treze cultivares.

A cultivar Aliança apresenta a maior estabilidade para os ambientes favoráveis e fica em terceiro entre os ambientes desfavoráveis.

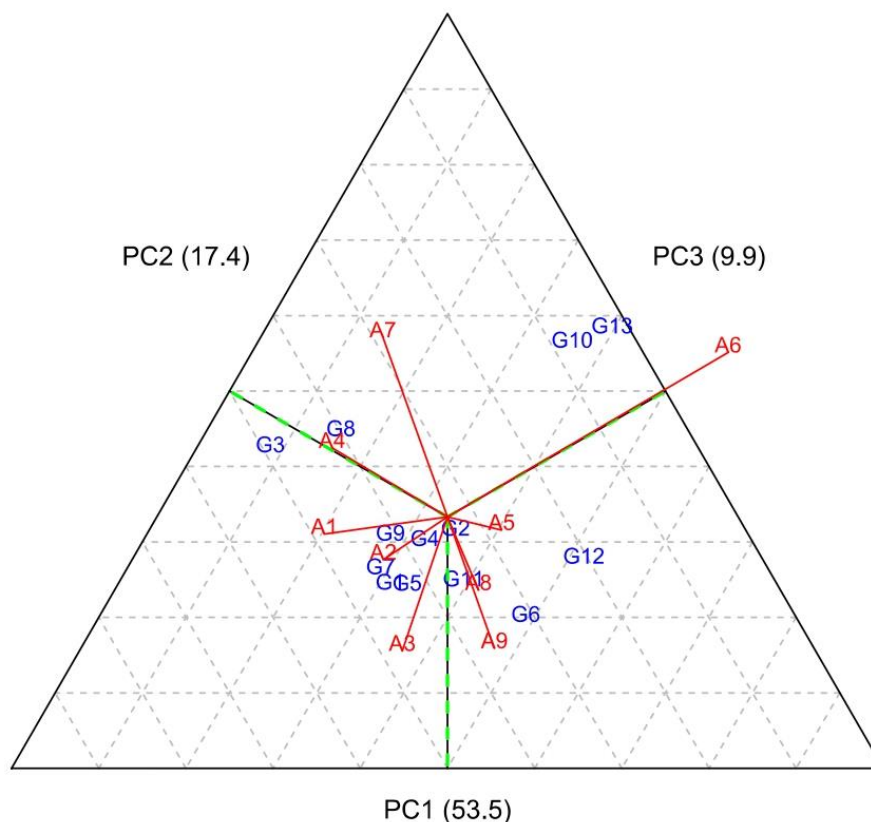
**Tabela 6** - Estimativa dos parâmetros adaptabilidade e estabilidade pelo método, Lin & Binns (1988) para a características produtividade de grãos proveniente da avaliação de treze cultivares crioulas e comerciais cultivadas no Espírito Santo. Resposta geral (PiG), ambientes favoráveis (+) e desfavoráveis (-).

Genótipo	Média	PiG	Genótipo	Pi (+)	Genótipo	Pi (-)
Aliança	6769,88	1781899	Aliança	250110	Alfredo Chaves	978343
Alfredo Chaves	5870,36	3081532	Incaper 201	910888	Catetim	2605665
Catete	5259,27	4541251	Catete	2782124	Aliança	3696636
Catetim	4914,20	4650535	Palha roxa	3046664	Domingos Martins	6242475
Incaper 201	5824,10	4898933	Milho branco	3418966	Fortaleza	6337104
Palha Roxa	4734,02	6360348	Incaper 203	3434618	Catete	6740159
Fortaleza	5486,59	6372809	Alfredo Chaves	4764083	Caiana Amarelo	8065027
Incaper 203	4888,70	6657805	Caiana amarelo	5598554	Incaper 201	9883990
Caiana Amarelo	4789,33	6694764	Catetim	6286432	Palha roxa	10502453
Domingos Martins	4362,50	6819298	Fortaleza	6401374	Incaper 203	10686789
Milho Branco	4352,02	7625772	Domingos Martins	7280757	Milho branco	12884279
Agda Moreira	3636,67	10934160	Milho branco SMJ	8837482	Agda Moreira	12934165
Milho Branco SMJ	4061,48	11405346	Agda Moreira	9334156	Milho branco SMJ	14615175

As cultivares Agda Moreira e Milho branco SMJ apresentaram índices PiG mais altos e foram consideradas as de menor estabilidade tanto na análise geral como para os ambientes favoráveis e desfavoráveis, o que pode indicar a não adaptação a ambientes diferentes dos ambientes onde foram coletadas. Ambas são provenientes da região serrana do estado, Agda Moreira do município Domingos Martins e Milho branco SMJ de Santa Maria de Jetibá.

Esses resultados mostram a variabilidade genética das cultivares de milho cultivadas no Espírito Santo, sobretudo das cultivares crioulas, o que é de extrema importância para a manutenção dessas cultivares e melhoria na produtividade das mesmas e, conseqüentemente aumento da situação rentável, direta e indiretamente, dos produtores rurais que preservam essas cultivares, visto que a maioria dos produtores no estado são de pequenas propriedades.

O estudo de adaptabilidade e estabilidade pelos métodos gráficos de AMMI através dos pontos representativos das cultivares e ambientes (Figura 1). Esse modelo de análise pode explicar com maiores detalhes a interação dos genótipos com o ambiente externo; está sendo muito utilizado em análises de estabilidade em característica qualitativas e quantitativas (MUHAMMADI et al., 2018; YE et al., 2019). Os pontos de menor distância, em relação ao eixo principal, representam maior estabilidade. Quando as cultivares estão próximas ou cruzando as linhas vermelhas que indicam os ambientes, mostra uma interação positiva. Isso indica que o genótipo pode ser cultivado naquele local, preferencialmente.



**Figura 1** - Análise da interação multiplicativa dos efeitos principais aditivos (AMMI) para produtividade de grãos de treze cultivares crioulas e comerciais de milho cultivadas no Espírito Santo em nove ambientes de cultivo. Primeiro componente principal (PC1) x segundo componente principal (PC2) x terceiro componente principal (PC3). G1-Palha roxa; G2-Incaper 203; G3-Fortaleza; G4-Aliança; G5-Caiana amarelo; G6-Incaper 201; G7-Milho branco; G8-Agda Moreira; G9-Milho branco SMJ; G10-Alfredo Chaves; G11-Catete; G12-Domingos Martins; G13-Catetim. A1 – Venda Nova do Imigrante (2017); A2 – Linhares (2018); A3 – Mucurici (2019); A4 – Mimoso do Sul (2019); A5 – Cachoeiro de Itapemirim (2019); A6 – Venda Nova do Imigrante (2019); A7 – Cachoeiro de Itapemirim (2019-safra 2); A8 – Linhares 2020; A9 – Cachoeiro de Itapemirim (2020).

A análise com três componentes principais PC1 vs PC2 vs PC3 (Figura 1), explicam juntos 80.8% da variação dos resultados. É possível observar, as cultivares Alfredo Chaves (G10) e Catetim (G13) apresentando maior estabilidade a estes ambientes 6, 7 e 5, a cultivar Domingos Martins (G12) com o ambiente 6, a cultivar Catete (G11) com os ambientes 9 e 5. Os ambientes citados foram os considerados desfavoráveis pelo método de Annicchiarico anteriormente e, as cultivares a eles relacionadas consideradas com adaptabilidade específica para ambientes desfavoráveis pelo método de Eberhart e Russel. Os demais ambientes foram avaliados como sendo favoráveis e o restante das

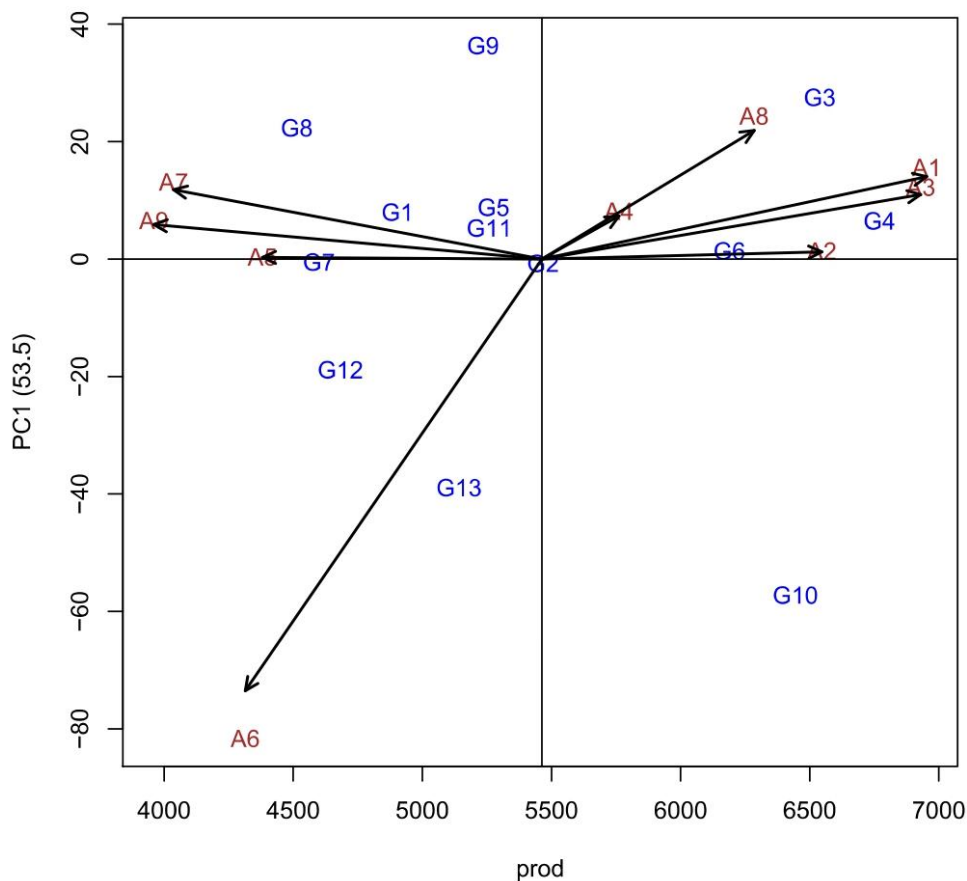
cultivares classificadas como de adaptabilidade específica para ambientes favoráveis. As cultivares nos mesmos sentidos dos ambientes indicam associação positiva, demonstrando em qual ambiente o material apresentou a maior adaptabilidade, ou seja, conseguiu expressão o seu maior potencial. A cultivar Aliança (G4) apresentou um bom desempenho, isto pode ser constatado por sua proximidade ao ponto central do gráfico, juntamente a cultivar Incaper 203 (G2), indicaram a maior estabilidade.

A Figura 2 mostra a análise da produtividade x PC1, que é o componente que capturou a maior parte da variância explicada (53,5%). Os ambientes A1, A2, A3, A4 e A8 responderam pelas maiores médias produtivas entre as cultivares. Já os ambientes A5, A6, A7 e A9 foram considerados piores com relação a produtividade. O ambiente A6 apresenta uma maior discrepância quando comparado aos demais (Fig. 2). Considerando que não houve diferença significativa nas condições ambientais avaliadas na localidade de Venda Nova do Imigrante em 2017 e 2019, é possível que tenha ocorrido alguma alteração no solo que possa ter influenciado na produção. De modo que o ambiente A6 fosse considerado como desfavorável no ano de 2019.

Com relação a produtividade a cultivar Aliança (G4) resultou na maior produtividade (superior a 6500 kg/ha), seguida da cultivar Fortaleza (G3), Alfredo Chaves (G10), Incaper 201 (G6) e incaper 203 (G2). Interessante a posição da cultivar Alfredo chaves (G10) que apresentou boa produtividade e mostrando-se mais adaptável ao ambiente 6, que foi o ambiente que apresentou pior desempenho para avaliação da produtividade das cultivares.

As cultivares que apresentaram os piores desempenhos de produtividade foram Agda Moreira (G8), Milho branco (G7), Domingos Martins (G12), Palha roxa (G1) e Catetim (G13).





**Figura 2** - Análise da interação multiplicativa dos efeitos principais aditivos (AMMI) para produtividade de grãos de treze cultivares crioulas e comerciais de milho cultivadas no Espírito Santo em nove ambientes de cultivo. Primeiro componente principal (PC1) x produtividade (prod). G1-Palha roxa; G2-Incaper 203; G3-Fortaleza; G4-Aliança; G5-Caiana amarelo; G6-Incaper 201; G7-Milho branco; G8-Agda Moreira; G9-Milho branco SMJ; G10-Alfredo Chaves; G11-Catete; G12-Domingos Martins; G13-Catetim. A1 – Venda Nova do Imigrante (2017); A2 – Linhares (2018); A3 – Mucurici (2019); A4 – Mimoso do Sul (2019); A5 – Cachoeiro de Itapemirim (2019); A6 – Venda Nova do Imigrante (2019); A7 – Cachoeiro de Itapemirim (2019-safra 2); A8 – Linhares 2020; A9 – Cachoeiro de Itapemirim (2020).

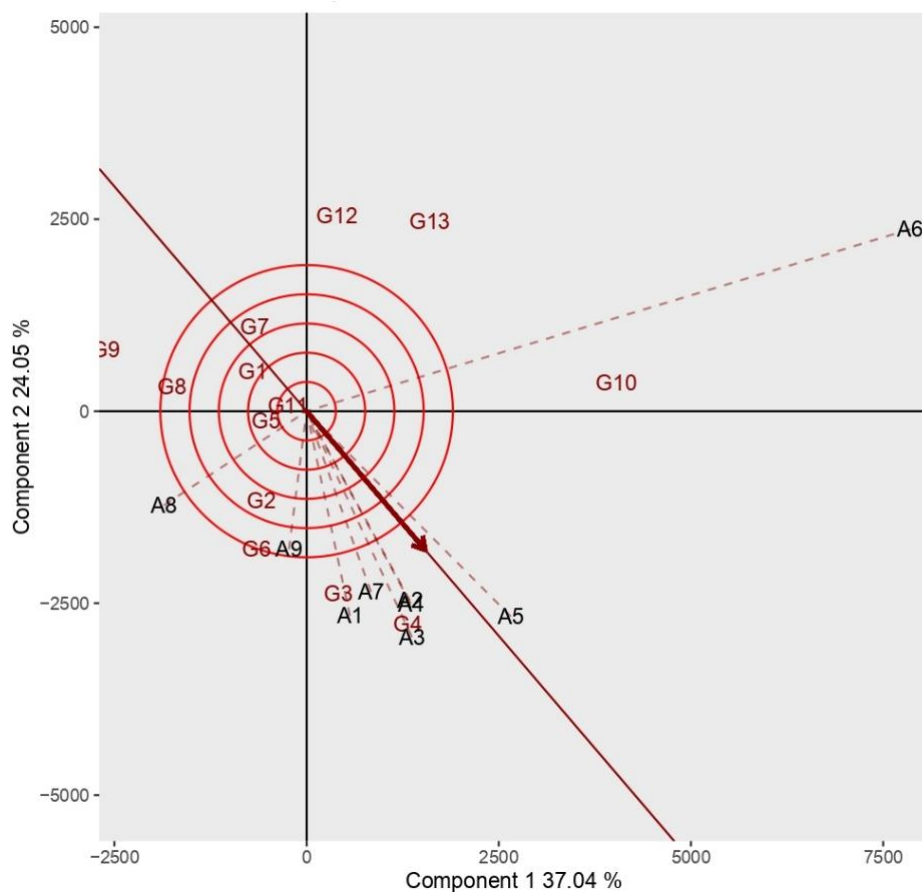
A Figura 3 apresenta o GGE-Biplot de discriminação e representatividade. Ambientes com vetores mais longos são mais discriminativos e aqueles com vetores mais curtos, menos discriminativos. Os ambientes que formam o menor ângulo entre seu vetor e o eixo ambiente-média (seta em vermelho na posição diagonal entre os eixos x e y do gráfico) são considerados os mais representativos. Assim, os ambientes A6, A5 e A1 são considerados os mais discriminativos, pois apresentam os vetores mais longos. Contudo, o ambiente A6, apesar de ser considerado o mais discriminativo, apresenta-se com baixíssima ou nenhuma representatividade, uma vez que o ângulo de seu vetor está muito distante do eixo ambiente-média.

O ambiente A5 é considerado o de melhor desempenho como ambiente teste, pois além de boa discriminação apresenta o menor ângulo com o eixo ambiente-média, tornando-se também o de melhor representatividade. Seguido estão os ambientes A3 e A2 com boa discriminação e representatividade, sendo que A2 está um pouco acima quando analisado a representatividade e, A3 um pouco acima na avaliação de ambiente discriminante. O ambiente A8 se apresenta como destaque negativo tanto para ambiente discriminante como para representativo.

Para a seleção de genótipos superiores é importante que os ambientes sejam tanto discriminativos como representativos, discriminando bem os genótipos e ser representativo de todos os ambientes testados (SANTOS et al., 2017).

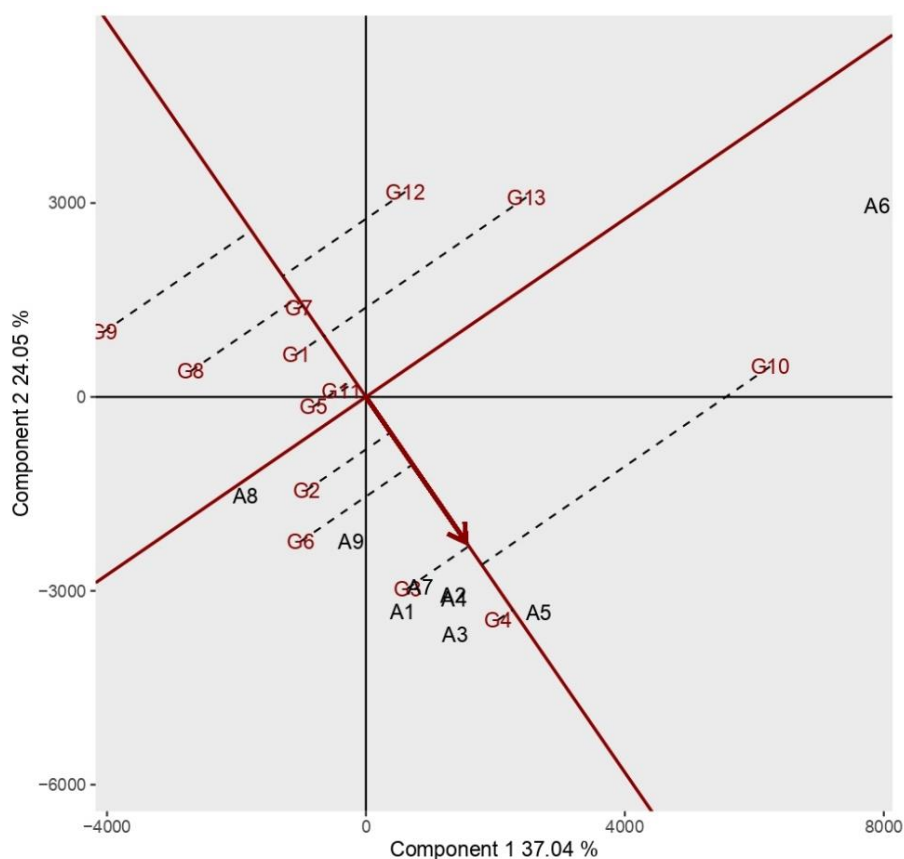
Houve a formação de um mega ambiente sendo composto pelos ambientes A1, A2, A3, A5, A7 e A9, podendo ser observado com maiores detalhes na Figura suplementar, em Apêndice 1.

Um mega ambiente consiste num polígono irregular e linhas retas irradiando da origem do biplot e cruzando os lados do polígono em ângulos retos. Os vértices são marcadores de genótipos que irradiam linhas cruzando um lado do polígono que representam ambientes hipotéticos, ou seja, essas linhas irradiadas dividem o gráfico em setores. Os genótipos estão divididos por esses setores e, os ambientes que se enquadram em um único setor, formam um mega ambiente (YAN, 2011; MACHADO; LOTUFO-NETO; HONGYU, 2019).



**Figura 3** - GGE Biplot para discriminação e representatividade dos nove ambientes de cultivo: A1 – Venda Nova do Imigrante (2017); A2 – Linhares (2018); A3 – Mucurici (2019); A4 – Mimoso do Sul (2019); A5 – Cachoeiro de Itapemirim (2019); A6 – Venda Nova do Imigrante (2019); A7 – Cachoeiro de Itapemirim (2019-safra 2); A8 – Linhares 2020; A9 – Cachoeiro de Itapemirim (2020), com base na produtividade de grãos de 13 cultivares crioulas e comerciais de milho cultivadas no Espírito Santo. G1-Palha roxa; G2-Incaper 203; G3-Fortaleza; G4-Aliança; G5-Caiana amarelo; G6-Incaper 201; G7-Milho branco; G8-Agda Moreira; G9-Milho branco SMJ; G10-Alfredo Chaves; G11-Catete; G12-Domingos Martins; G13-Catetim.

A Figura 4 apresenta o GGE-Biplot da média vs estabilidade. A linha vermelha com seta única aponta para os genótipos com maior produtividade média e, as linhas pretas pontilhadas indicam a estabilidade dos genótipos. Quanto maior o comprimento da linha pontilhada mais instável é o genótipo. As cultivares com maior média de produção são Aliança (G4), Alfredo Chaves (G10), Fortaleza (G3), Incaper 201 (G6) e Incaper 203 (G2). As cultivares consideradas mais estáveis foram Aliança (G4), Catete (G11), Caiana Amarelo (G5) e Palha roxa (G1) e, os mais instáveis foram Alfredo Chaves (G10), Catetim (G13), Milho branco SMJ (G9) e Domingos Martins (G12). Aliança (G4) e Milho branco SMJ (G9) apresentaram a melhor e a pior média de rendimento, respectivamente.



**Figura 4** - GGE Biplot média vs estabilidade para produtividade de grãos de treze cultivares crioulas e comerciais de milho cultivadas no Espírito Santo em nove ambientes de cultivo. G1- Palha roxa; G2-Incaper 203; G3-Fortaleza; G4-Aliança; G5-Caiana amarelo; G6-Incaper 201; G7-Milho branco; G8-Agda Moreira; G9-Milho branco SMJ; G10-Alfredo Chaves; G11-Catete; G12-Domingos Martins; G13-Catetim. A1 – Venda Nova do Imigrante (2017); A2 – Linhares (2018); A3 – Mucurici (2019); A4 – Mimoso do Sul (2019); A5 – Cachoeiro de Itapemirim (2019); A6 – Venda Nova do Imigrante (2019); A7 – Cachoeiro de Itapemirim (2019-safra 2); A8 – Linhares 2020; A9 – Cachoeiro de Itapemirim (2020).

Baseado nas análises de adaptabilidade e estabilidade nos diferentes métodos quatro dos nove ambientes foram considerados desfavoráveis, sendo três deles (A5, A7 e A9), no município de Cachoeiro de Itapemirim e um deles (A6) em Venda Nova do Imigrante. Observa-se que o ambiente A1 também é a mesma localidade que o ambiente A6, entretanto o ambiente A1 foi avaliado como favorável e indicou boa produtividade para as cultivares a ele relacionadas. É provável que o ambiente A6 tenha apresentado baixa produtividade para as cultivares em decorrência de volume acumulado de chuvas no período em que as cultivares estavam sendo ensaiadas a campo. Como observado na Tabela 2 a precipitação chegou a 36,2 mm e a temperatura máxima não passou dos 28,4 °C, oscilando em temperaturas mais baixas na maioria do período de avaliação.

A análise de ambientes representativos e discriminativos mostra outras peculiaridades como o ambiente A5 que foi considerado desfavorável, contudo, a análise o apresenta como o melhor desempenho para ambientes teste com a melhor discriminação e representatividade e, o ambiente A8 um dos favoráveis e entre os melhores ambientes para produtividade, foi avaliado como o menos discriminativo e representativo dos nove ambientes.

Assim como houve divisão de cultivares para estabilidade, também se observou divisão de grupos para análise de adaptabilidade pelo método de Eberhart & Russel (1966). Foram observadas cultivares com adaptabilidade específica para ambientes favoráveis e específica para ambientes desfavoráveis. Apesar de não ter atingido exatamente o parâmetro para adaptabilidade ( $\beta_1$ ) ampla igual a 1, a cultivar Aliança ( $\beta_1=0,98$ ) em todas as avaliações de todos os métodos aplicados, incluindo AMMI E GGE biplot, apresentou os melhores índices e melhor produtividade média de grãos em todos os ambientes avaliados.

Com relação a produtividade, a cultivar Agda Moreira obteve a menor média de produção com 3636,67 kg seguida das cultivares Milho branco SMJ com 4061,48 kg, Milho branco com 4352,02 Kg, Domingos Martins com 4362,5 kg. A cultivar comercial Aliança foi a mais produtiva com 6769,88 kg. A cultivar crioula de maior média produtiva foi Alfredo Chaves com 5870,36 kg, sendo essa média maior que as cultivares comerciais Incaper 201, Fortaleza e Incaper 203 e superando a média nacional que, segundo CONAB (2020) é de 5525 kg/ha. Também se destacaram na produção as cultivares Catete, Catetim e Caiana amarelo.

### 3 CONCLUSÕES

Os métodos estatísticos utilizados para as avaliações apresentaram resultados concordantes para os parâmetros de adaptabilidade e estabilidade;

A cultivar comercial Aliança apresentou os melhores resultados em todas as análises de adaptabilidade e estabilidade, confirmando sua indicação de cultivo para o Espírito Santo;

As cultivares Palha roxa, Caiana amarelo, Milho branco e Milho branco SMJ, Incaper 203, Incaper 201 e Fortaleza, são mais indicadas para ambientes 1, 2, 3, 4 e 8, classificados como favoráveis;

As cultivares Agda Moreira, Alfredo Chaves, Catete, Domingos Martins e Catetim, são mais indicadas para ambientes 5, 6,7 e 9, classificados como desfavoráveis;

A cultivar comercial Aliança pode ser considerada com adaptabilidade geral;

As cultivares crioulas de melhor destaque foram Alfredo chaves, Catete e Catetim.

#### 4 REFERÊNCIAS

**Agritempo**: Sistema de Monitoramento Agrometeorológico. Disponível em: <<https://www.agritempo.gov.br/agritempo/jsp/PesquisaClima/index.jsp?siglaUF=ES>>. Acesso em: 30 nov. 2020.

ANNICCHIARICO, P. Cultivar adaptation and recommendation from alfalfa trials in Northern Italy. **Journal of Genetics and Breeding**, v. 46, p. 269-269, 1992.

BEYER, H. et al. Evaluation of variability, heritability and environmental stability of seed quality and yield parameters of *L. angustifolius*. **Field Crops** v. 174, p. 40– 47, 2015.

CARGNELUTTI FILHO, A.; GUADAGNIN, J. P. Sufficient number of experiments for the adaptability and stability analyses of maize using the Eberhart and Russell method. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 53, n. 6, p. 673–683, 2018.

CARNEIRO, V. Q. et al. <b>Fuzzy control systems for decision-making in cultivars recommendation. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 40, n. 1, p. 39314, 2018.

CARNEIRO, A. R. T. et al. Fuzzy logic in automation for interpretation of adaptability and stability in plant breeding studies. **Scientia Agricola**, v. 76, p. 123–129, 2019.

CONAB. Acompanhamento da Safra Brasileira. **Companhia Nacional de Abastecimento**, v. 7, n. 6, p. 1–89, 2020. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/safra-graos>>. Acesso em: 16 de fevereiro de 2021.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. 4. ed. Viçosa, MG: UFV, 2012. 514 p, 2012.

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

- FARIA, S. V. et al. Adaptability and stability in commercial maize hybrids in the southeast of the State of Minas Gerais, Brazil. **Revista Ciencia Agronomica**, v. 48, n. 2, p. 347–357, 2017.
- 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.
- MACHADO, N. G.; LOTUFO-NETO, N.; HONGYU, K. Statistical analysis for genotype stability and adaptability in maize yield based on environment and genotype interaction models. **Ciência e Natura**, v. 41, p. 1-9, 2019.
- MAFOUASSON, H. et al. Genotype-by-Environment Interaction and Yield Stability of Maize Single Cross Hybrids Developed from Tropical Inbred Lines. **Agronomy**, p. 1–17, 2018.
- MOHAMMADI, R. et al. The use of AMMI model for interpreting genotype×environment interaction in durum wheat. **Experimental Agriculture**, v. 54, p. 670– 683, 2018.
- OLIVEIRA, T. R. A. et al. The Eberhart and Russel’s Bayesian method used as an instrument to select maize hybrids. **Euphytica**, v. 214, n. 4, 2018.
- OLIVEIRA, T. R. A. et al. Hybrid maize selection through GGE biplot analysis. **Bragantia**, v. 78, n. 2, p. 166–174, 2019.
- OLIVEIRA, T. R. A. et al. Adaptability and stability evaluation of maize hybrids using Bayesian segmented regression models. **PLoS ONE**, v. 15, n. 7 July, p. 1–11, 2020.
- OYEKUNLE, M. et al. Assessment of early-maturing maize hybrids and testing sites using GGE biplot analysis. **Crop Science**, v. 57, n. 6, p. 2942–2950, 2017.
- PINTO, J. F. N. et al. Adaptability and Stability in Maize Populations. **Journal of Agricultural Science**, v. 11, n. 14, p. 23, 2019.



R CORE TEAM. R: a language and environment for statistical computing. Vienna, Áustria: R Foundation for Statistical Computing, 2020. Disponível em: <<http://www.Rproject.org/>>.

REZENDE, W. S.; CRUZ, C. D.; BORÉM, A.; ROSADO, R. D. S. Half a century of studying adaptability and stability in maize and soybean in Brazil. **Scientia Agrícola**, v. 78, n.3, 2021.

ROTHER, V. et al. Uni- and multivariate methods applied to the study of the adaptability and stability of white oat. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 54, 2019.

SANTOS, D. C. et al. Adaptability and stability of maize hybrids in unreplicated multienvironment trials. **Revista Ciencia Agronomica**, v. 50, n. 1, p. 83–89, 2019.

SOUZA, M. H. et al. Adaptability and stability analyses of plants using random regression models. **PLoS ONE**, p. 1–19, 2020.

TEODORO, P. E. et al. Adaptability and Stability of Cotton Genotypes Regarding Fiber Yield and Quality Traits. **Crop Science**, v. 59, n. april, p. 518–524, 2019.

YAMAMOTO, L. E. et al. Adaptability and stability of maize genotypes in growing regions of central Brazil. **Ceres**, v. 68, p. 201–211, 2021.

YAN, W. et al. Cultivar Evaluation and Mega-Environment Investigation Based on the GGE Biplot. **Crop Science**, v. 40, n. 3, p. 597–605, 2000.

YAN, W. GGE biplot vs. AMMI graphs for Genotypes-by-Environments Data Analysis. **Journal of the Indian Society of Agricultural Statistics**, v.65, p.181-193, 2011.

Ye, M. J. et al. Application of AMMI model to assess spring maize genotypes under multi-environment trials in Hebei province. **International Journal of Agriculture and Biology**, v. 21, p. 827– 834, 2019.

ZOBEL, R. W.; WRIGHT, M. J.; GAUCH, H. G. Statistical Analysis of a Yield Trial. **Agronomy Journal**, v. 80, p. 388–393, 1988.

## 5 APÊNDICES

**Apêndice 1.** GGE Biplot mega-ambientes (which won where) para produtividade de 13 variedades crioulas e comerciais de milho cultivadas no Espírito Santo em nove ambientes. G1-Palha roxa; G2-Incaper 203; G3-Fortaleza; G4-Aliança; G5-Caiana amarelo; G6-Incaper 201; G7-Milho branco; G8-Agda Moreira; G9-Milho branco SMJ; G10-Alfredo Chaves; G11-Catete; G12-Domingos Martins; G13-Catetim. A1 – Venda Nova do Imigrante (2017); A2 – Linhares (2018); A3 – Mucurici (2019); A4 – Mimoso do Sul (2019); A5 – Cachoeiro de Itapemirim (2019); A6 – Venda Nova do Imigrante (2019); A7 – Cachoeiro de Itapemirim (2019-safra 2); A8 – Linhares 2020; A9 – Cachoeiro de Itapemirim (2020).

