



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS GENÉTICOS VEGETAIS

Anderson Munarini

**Indicação de época e densidade de semeadura e melhoramento genético participativo de variedades crioulas de milho *zea mays***

Florianópolis  
2020

Anderson Munarini

**Indicação de época e densidade de semeadura e melhoramento genético participativo de variedades crioulas de milho *zea mays***

Tese submetida ao Programa de Pós Graduação em Recursos Genéticos Vegetais da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do título de Doutor em Ciências

Orientador: Prof. Rubens Onofre Nodari, Dr.

Florianópolis

2020

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Munarini, Anderson

Indicação de época e densidade de semeadura e  
melhoramento genético participativo de variedades crioulas  
de milho *zea mays* / Anderson Munarini ; orientador, Rubens  
Onofre Nodari, 2020.  
130 p.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa  
Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós  
Graduação em Recursos Genéticos Vegetais, Florianópolis,  
2020.

Inclui referências.

1. Recursos Genéticos Vegetais. 2. Melhoramento  
Genético Participativo. 3. Contaminação por Transgênicos.  
4. Interação genótipo x ambiente. 5. Milho Crioulo. I.  
Nodari, Rubens Onofre. II. Universidade Federal de Santa  
Catarina. Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos  
Vegetais. III. Título.

Anderson Munarini

**Indicação de época e densidade de semeadura e melhoramento genético participativo de variedades crioulas de milho *zea mays***

O presente trabalho em nível de doutorado foi avaliado e aprovado por banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof.(a) Rubens Onofre Nodari, Dr.(a)  
Instituição UFSC

Prof.(a) Juliano Garcia Betoldo, Dr.(a)  
Instituição DDPA/RS

Prof.(a) Natália Carolina de Almeida Silva, Dr.(a)  
Instituição INTERABIO

Prof.(a) Maurício Sedrez dos Reis, Dr.(a)  
Instituição UFSC

Certificamos que esta é a **versão original e final** do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de doutor em Ciências, área de concentração em Recursos Genéticos Vegetais.

---

Claudio Roberto Fonseca Sousa Soares  
Coordenação do Programa de Pós-Graduação

---

Prof.(a) Rubens Onofre Nodari, Dr.(a)  
Orientador(a)

Florianópolis, 2021

Este trabalho é dedicado a minha esposa amada que me apoiou a cada momento.

## AGRADECIMENTOS

Aos meus familiares pelo amor, carinho e incentivo na minha formação como pessoa. Em especial à Pamela Mattuella Macena Munarini por estar ao meu lado a cada momento com palavras de apoio.

Ao Professor Rubens Onofre Nodari, pela orientação, confiança e amizade.

À CAPES e ao CNPq pela bolsa concedida.

À Coordenação do PPG-Recursos Genéticos Vegetais e à UFSC, pela oportunidade.

Ao MPA – Movimento dos Pequenos Agricultores pela confiança em meu trabalho militante em defesa da vida.

À OESTEBIO pela estrutura de logística até as unidades de produção dos agricultores. Em especial ao Charles Reginatto que acreditou e apoiou meu trabalho desde o início.

À UDESC pela concessão do LAS para realização das análises de sementes, especialmente a Prof<sup>a</sup>. Dra. Cileide Maria Medeiros pela troca de conhecimentos e Prof<sup>a</sup>. Dra. Daniele Nerling pela orientação e amizade.

Ao compadre Elisandro dos Santos e família pela recepção em Lages, hospedagem e amizade, momentos que serão eternizados.

Aos agricultores guardiões da biodiversidade Dona Maria e Normélio Triaca, Salete e Emílio Orlandini, Marina e João Pinheiro, Maria e Tercelino Goffe e Carmen e Antoninho Munarini pelo conhecimento compartilhado, pela amizade e pelo carinho com de me receberam todos os dias.

A todos aqueles que de alguma forma ajudaram na realização desse trabalho muito obrigado.

## RESUMO

A seleção e o melhoramento de plantas vêm sendo realizado á milhares de anos, inicialmente pelos coletores-caçadores-domesticadores e, posteriormente, pelos agricultores. Estas atividades, que vem sendo transmitidas de geração a geração, proporcionaram tanto o desenvolvimento de milhares de variedades crioulas (ou locais), que compõe hoje a diversidade genética na agricultura em uso, quanto à adaptação destas às condições de seus próprios cultivos. O milho é exemplo disso; as famílias camponesas preservaram a tradição do cultivo das variedades estimuladas por características culinárias, de sabor e autonomia na produção, em diversas regiões do mundo. O presente trabalho aprofundou os estudos sobre o comportamento das variedades crioulas de milho, já em uso pelos agricultores, particularmente em ambientes agroecológicos adversos, a fim de contribuir na sua conservação, bem como, avaliar os resultados da seleção massal realizados pelos próprios agricultores em populações segregantes oriundas de híbridos intervarietais de milho, visando desenvolver e disponibilizar novas variedades de polinização aberta por meio do melhoramento genético participativo. Por meio de ensaios foi constatado que a melhor época de semeadura para as variedades crioulas testadas na região oeste catarinense é setembro, que é o início da primavera. Pois além de obter-se menor incidência de tombamento de plantas e maiores ganhos em produtividade, é possível colher sementes com maior qualidade fisiológica e menor incidência de patógenos, atendendo os padrões mínimos exigidos para a cultura no Brasil. Contudo, esse período coincide com a maior produção de transgênicos na região, colocando as variedades crioulas em risco de erosão genética, seja por introgressão de transgenes ou perdas na produção caso os agricultores optem por semeaduras tardias para garantir isolamento temporal, já que a estrutura fundiária não permite o isolamento espacial. O atraso da semeadura, para evitar a contaminação dos transgenes, também promoveu a produção de sementes de baixa qualidade que não alcançariam os padrões estabelecidos pelas normas legais para serem comercializadas. Assim, a permissão do cultivo de variedades transgênicas em áreas de alta diversidade genética de variedades crioulas e com tradição de produção orgânica e agroecológica prejudica tanto os agricultores bem como os produtores de sementes orgânicas ou agroecológicas. Diante destes resultados, a expectativa é que o governo revise as normas de coexistência para o cultivo de variedades transgênicas e não transgênicas para garantir a não ocorrência da contaminação genética por transgenes. As práticas e os ensaios de melhoramento genético participativo indicaram que os agricultores têm demandas que se expressam por meio dos critérios de seleção por eles escolhidos e que não necessariamente são os mesmos dos melhoristas convencionais. As análises permitiram verificar que houve ganhos genéticos mesmo nos três ciclos de seleção, o que poderá ser bem maior com ciclos de seleção adicionais. Os resultados do melhoramento genético participativo obtidos em três ciclos de seleção demonstram que os agricultores têm habilidade de realizar seleção com sucesso. Este cenário indica que os agricultores que desejarem podem desenvolver suas próprias variedades adaptadas as condições ambientais de suas propriedades.

**Palavras-chave:** Rendimento. Qualidade da semente. Melhoramento genético participativo. Adaptação. Contaminação por transgenes.

## ABSTRACT

The selection and improvement of plants has been carried out for thousands of years, initially by collectors-hunters-domesticators and, later, by farmers. These activities, which have been disseminated from generation to generation, have enabled both the development of thousands of *landraces*, which today make up the agricultural genetic diversity in use, and the adaptation of these *landraces* to the conditions of their own cropping environment. Corn is an example of this; peasant families preserved the tradition of cultivating varieties stimulated by culinary characteristics, flavor and autonomy in production, in different regions of the world. The present work deepened the studies on the behavior of *landraces* of corn, already in use by farmers, particularly in adverse agroecological environments, in order to contribute to their conservation, as well as to evaluate the results of mass selection carried out by farmers themselves in segregant populations originated from inter-corn hybrids of corn, aiming to develop and make available new local varieties of open pollination through participatory genetic breeding. Through tests it was found that the best sowing time for the corn *landraces* tested in the western region of Santa Catarina is September, which is the beginning of spring. Because, in addition to obtaining a lower incidence of plant tipping and greater gains in productivity, it is possible to harvest seeds with higher physiological quality and less incidence of pathogens, meeting the minimum standards required for culture in Brazil. However, this period coincides with the higher production of transgenic varieties in the region, placing the *landraces* at risk of genetic erosion, either by introgression of transgenes or losses in production if farmers opt for late sowing to guarantee temporal isolation, since the land structure does not allow spatial isolation. The delay in sowing, in order to avoid contamination by transgenes, also promoted the production of low-quality seeds that would not reach the standards established by legal norms to be commercialized. Thus, allowing the cultivation of transgenic varieties in areas of landrace high genetic diversity and with a tradition of organic and agroecological production harms both farmers and producers of organic or agroecological seeds. In view of these results, the expectation that the government will revise the coexistence rules for the cultivation of transgenic and non-transgenic varieties to guarantee the non-occurrence of transgene genetic contamination. Participatory genetic improvement practices and trials indicated that farmers have demands that are expressed through the selection criteria they choose and that are not necessarily the same as those of conventional breeders. Based on the analyzes made it was possible to verify that there were genetic gains even in the three selection cycles, which could be much greater with additional selection cycles. The results of participatory genetic improvement obtained in three selection cycles demonstrate that farmers have the ability to carry out selection successfully. This scenario indicates that farmers who wish can develop their own varieties adapted to the environmental conditions of their farms.

**Keywords:** Grain yield. Seed quality. Participatory plant breeding. Adaptation. Contamination by transgenes.



## LISTA DE FIGURAS

### REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Figura 1- Períodos favoráveis de semeadura do milho nas distintas regiões no estado de Santa Catarina.....36

### CAPÍTULO 1

Figura 1 - Germoplasma utilizado nos ensaios. A- Branco Precoce; B- Taquara; C- Lingua de Papagaio; D- SCS 155 Catarina.....42

Figura 2 - Florescimento masculino (A, B) e Florescimento feminino (C, D) de genótipos variedades crioulas de milho em sistema de base agroecológica submetidos a diferentes épocas e densidades de semeadura nos anos agrícolas 2016/2017 (A, C) e 2017/2018 (B, D). Chapecó, SC. Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas, em cada época, e maiúsculas, em cada genótipo, não diferem pelo teste de Tukey ( $P<0,05$ ).....47

Figura 3 – Altura de plantas (A, B, C, D) e Altura de espiga (E, F, G, H) de genótipos de variedades crioulas de milho em sistema de base agroecológica submetidos a diferentes épocas e densidades de semeadura nos anos agrícolas 2016/2017(A, C, E, G) e 2017/2018(B, D, F, H). Chapecó, SC. Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas, em cada época, e maiúsculas, em cada genótipo, não diferem pelo teste de Tukey ( $P<0,05$ ).....49

Figura 4 - Diâmetro do colmo (A, B), Plantas Acamadas (C, D) e Plantas Quebradas (E, F) de genótipos variedades crioulas de milho em sistema de base agroecológica submetidos a diferentes épocas e densidades de semeadura nos anos agrícolas 2016/2017 (A, C, E) e 2017/2018 (B, D, F). Chapecó, SC. Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas, em cada época, e maiúsculas, em cada genótipo, não diferem pelo teste de Tukey ( $P<0,05$ ).....52

Figura 5 – Produtividade de grãos de genótipos de variedades crioulas de milho em sistema de base agroecológica submetidos a diferentes densidades nas épocas de semeadura de setembro (A, B), novembro (C, D) e janeiro (E, F) nos anos agrícolas 2016/2017 (A, C, E) e 2017/2018 (B, D, F). Chapecó, SC.....54

### CAPÍTULO 2

Figura 1 - Agricultor Normelio Triaca do oeste de Santa Catarina, Brasil, mostrando a diversidade de variedades locais de milho conservadas em sua propriedade.....60

Figura 2 - Condições climáticas na unidade experimental. Média mensal de precipitação (mm/m<sup>2</sup>; colunas), radiação (W/m<sup>2</sup>; linhas pretas) e temperaturas (oC; azul, vermelho e preto tracejada) de 2008 a 2018, 1 de setembro de 2016 a 30 de junho de 2017 e 1 de setembro, 2017 a 31 de maio de 2018. Os dados meteorológicos históricos foram obtidos da Foz do Chapecó Energia SA e especificamente as

temperaturas mínimas médias e máximas médias, de 1º de setembro de 2016 a 31 de maio de 2018, foram obtidas da estação meteorológica automatizada 27°05'24"S; 52° 38'05"W), localizado na Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina, Chapecó, SC, Brasil (<http://ciram.epagri.sc.gov.br>). As barras horizontais indicam as épocas de semeadura e os principais estágios fenológicos do milho (Ransom e Endres, 2020): VE = Emergência, R1 = Espigamento e Florescimento, e R6 = Maturidade Fisiológica.....65

Figura 3 – Sanidade de sementes de genótipos de milho em sistema de base agroecológica submetidos a diferentes épocas (setembro, novembro e janeiro) e densidades de semeadura de 2,5 pl.m-1 (A, B), 4 pl.m-1 (C, D), 5,5 pl.m-1 (E, F) e 7 pl.m-1 (G, H) nas safras 2016/2017 (A, C, E, G) e 2017/2018 (B, D, F, H) em Chapecó, SC. Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas, em cada época, e maiúsculas, em cada genótipo, não diferem pelo teste de Tukey (P<0,05).....67

Figura 4 – Percentual de germinação de genótipos de milho em sistema de base agroecológica submetidos a diferentes épocas (setembro, novembro e janeiro) e densidades de semeadura de 2,5 pl.m-1 (A, B), 4 pl.m-1 (C, D), 5,5 pl.m-1 (E, F) e 7 pl.m-1 (G, H) nas safras 2016/2017 (A, C, E, G) e 2017/2018 (B, D, F, H) em Chapecó, SC. Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas, em cada época, e maiúsculas, em cada genótipo, não diferem pelo teste de Tukey (P<0,05).....70

Figura 5 – Percentual de vigor de sementes de genótipos de milho em sistema de base agroecológica submetidos a diferentes épocas (setembro, novembro e janeiro) e densidades de semeadura de 2,5 pl.m-1 (A, B), 4 pl.m-1 (C, D), 5,5 pl.m-1 (E, F) e 7 pl.m-1 (G, H) nas safras 2016/2017 (A, C, E, G) e 2017/2018 (B, D, F, H) em Chapecó, SC. Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas, em cada época, e maiúsculas, em cada genótipo, não diferem pelo teste de Tukey (P<0,05).....73

## CAPÍTULO 2

Figura 1- Altura de plantas (A), prolificidade (B) e número de grãos por fileira (C) em plantas em três ciclos de seleção aplicada por agricultores em população segregante formada pelo cruzamento entre as variedades de milho BRS4150 x SCS155 Catarina, avaliados em dois locais. Safra 2017/2018. Chapecó, SC.....89

Figura 2 – Valores do ganho genotípico médio para o caráter altura de plantas (A, B), prolificidade (C, D) e número de grãos por fileira (E, F) obtidos a partir de seis genótipos de milho quando cultivados em dois ambientes, Chapecó (A, C, E) e Palmitos (B, D, F), preditos pelo método do melhor preditor linear não viesado (BLUP).....91

Figura 3 - Altura de plantas (A), altura de espigas (B) e número de grãos por fileira (C) em plantas em três ciclos de seleção aplicada por agricultores em população segregante formada pelo cruzamento entre as variedades de milho SCS155 Catarina x SJC 5886, avaliados em dois locais. Safra 2017/2018. Chapecó, SC.....94

Figura 4 - Valores do ganho genotípico médio para o caráter altura de plantas (A, B), número de grãos por fileira (C, D), plantas quebradas (E, F) e produção de grãos (G, H)

obtidos a partir de seis genótipos de milho quando cultivados em dois ambientes, Chapecó (A, C, E, G) e São Miguel do Oeste (B, D, F, H) preditos pelo método do melhor preditor linear não viesado (BLUP).....95

Figura 5 - Florescimento (A), prolificidade (B), diâmetro de colmo (C) e número de fileiras por espiga (D) em plantas em três ciclos de seleção aplicada por agricultores em população segregante formada pelo cruzamento entre as variedades de milho Pixurum 05 x BRS 4150, avaliados em dois locais. Safra 2017/2018. Chapecó, SC. ....101

Figura 6 - Valores do ganho genotípico médio para a característica plantas quebradas (A, B), prolificidade (C, D), número de grãos por fileira (E, F) e número de fileiras por espiga (G, H) obtidos a partir de seis genótipos de milho quando cultivados em dois ambientes, Chapecó (A, C, E, G) e São Miguel do Oeste (B, D, F, H) preditos pelo método do melhor preditor linear não viesado (BLUP).....102

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO 1

Tabela 1 - Resumo da análise de variância conjunta, indicando graus de liberdade (GL) e os quadrados médios de variedades crioulas de milho em sistema orgânico submetidos a diferentes épocas e densidades de semeadura nas safras agrícolas 2016/2017 e 2017/2018, Chapecó, SC.....45

### CAPÍTULO 3

Tabela 1 - Características dos híbridos intervarietais de milho utilizados neste trabalho.....82

Tabela 2 - Correlações fenotípicas de Pearson (acima da diagonal) e níveis de significância (abaixo da diagonal) entre as 12 características avaliadas de três ciclos de seleção em população segregante oriunda do híbrido intervarietal BRS4150 x SCS155 Catarina avaliados em dois locais. Safra 2017/2018. Chapecó, SC.....86

Tabela 3- Resumo da análise de variância conjunta, indicando os graus de liberdade (GL), quadrados médios (QM), coeficientes de variação (CV) e coeficientes de regressão ( $R^2$ ) de três ciclos de seleção em população segregante oriunda do híbrido intervarietal BRS4150 x SCS155 Catarina avaliados em dois locais. Safra 2017/2018. Chapecó, SC.....87

Tabela 4 - Correlações fenotípicas de Pearson (acima da diagonal) e níveis de significância (abaixo da diagonal) entre as 12 características avaliadas de três ciclos de seleção em população segregante oriunda do híbrido intervarietal SCS155 Catarina X SJC 5886 avaliados em dois locais. Safra 2017/2018. Chapecó, SC.....92

Tabela 5 - Resumo da análise de variância conjunta, indicando os graus de liberdade (GL), quadrados médios (QM), coeficientes de variação (CV) e coeficientes de regressão ( $R^2$ ) de três ciclos de seleção em população segregante oriunda do Híbrido Intervarietal SCS155 Catarina x SJC 5886 avaliados em dois locais. Safra 2017/2018. Chapecó, SC.....93

Tabela 6 - Correlações fenotípicas de Pearson (acima da diagonal) e níveis de significância (abaixo da diagonal) entre as 12 características avaliadas de três ciclos de seleção em população segregante oriunda do híbrido intervarietal Pixurum 05 X BRS 4150 avaliados em dois locais. Safra 2017/2018. Chapecó, SC.....97

Tabela 7 - Resumo da análise de variância conjunta, indicando os graus de liberdade (GL), quadrados médios (QM), coeficientes de variação (CV) e coeficientes de regressão ( $R^2$ ) de três ciclos de seleção em população segregante oriunda do híbrido intervarietal Pixurum05 x BRS4150 avaliados em dois locais. Safra 2017/2018. Chapecó, SC.....98

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>17</b>
<b>2 OBJETIVOS.....</b>	<b>21</b>
2.1 OBJETIVO GERAL.....	21
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	21
<b>3 HIPÓTESES.....</b>	<b>22</b>
<b>4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>23</b>
4.1 AGROECOLOGIA E A CONSERVAÇÃO DA AGROBIODIVERSIDADE.....	23
4.2 DIVERSIDADE DE GENÉTICA E IMPORTÂNCIA DA CULTURA DO MILHO .....	26
4.3 RISCOS DE EROÇÃO GENÉTICA DE MILHO CRIOULO COM O AVANÇO DOS TRANSGÊNICOS 28	
4.4 MELHORAMENTO GENÉTICO PARTICIPATIVO DE PLANTAS (MGP).....	29
4.5 SELEÇÃO MASSAL.....	32
4.6 QUALIDADE DE SEMENTES .....	33
4.7 PRÁTICAS DE MANEJO DA CULTURA DO MILHO.....	34
4.7.1 <i>Densidade de plantas em variedades crioulas</i> .....	34
4.7.2 <i>Épocas de semeadura</i> .....	35
<b>CAPÍTULO 1</b>	
<b>5 EFEITO DE ÉPOCA E DENSIDADE DE SEMEADURA EM GENÓTIPOS DE VARIEDADES CRIOULAS DE MILHO EM SISTEMA DE BASE AGROECOLÓGICA .....</b>	<b>38</b>
5.1 RESUMO .....	38
5.2 ABSTRACT.....	39
5.3 INTRODUÇÃO.....	40
5.4 MATERIAL E MÉTODOS .....	41
5.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	44
5.6 CONCLUSÃO .....	55
5.7 AGRADECIMENTOS .....	55

## CAPÍTULO 2

<b>6 MANEJO DE VARIEDADES LOCAIS DE MILHO, PARA EVITAR CONTAMINAÇÃO TRANSGÊNICA, DIMINUI O RENDIMENTO E A QUALIDADE DA SEMENTE.....</b>	<b>56</b>
6.1 RESUMO .....	56
6.2 ABSTRACT.....	57
6.3 INTRODUÇÃO.....	59
6.4 MATERIAL E MÉTODOS .....	62
6.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	64
6.6 CONCLUSÃO .....	76

## CAPÍTULO 3

<b>7 SELEÇÃO PRATICADA POR AGRICULTORES EM PROGÊNIES DE POPULAÇÕES SEGREGANTES DE MILHO NO OESTE CATARINENSE.....</b>	<b>77</b>
7.1 RESUMO .....	77
7.2 INTRODUÇÃO.....	78
7.3 MATERIAIS E MÉTODOS .....	80
7.3.1 <i>Populações segregantes</i> .....	80
7.3.2 <i>Ciclos de seleção praticada pelos agricultores</i> .....	82
7.3.3 <i>Delineamento experimental e condução dos ensaios de avaliação da eficiência da seleção</i> .....	83
7.3.4 <i>Análise dos dados</i> .....	85
7.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	85
7.4.1 <i>Seleção Massal Estratificada aplicada à população segregante BRS4150 x SCS 155 Catarina pela Família Triaca, Município de Palmitos SC</i> .....	85
7.4.2 <i>Seleção Massal Estratificada aplicada à população segregante SCS 155 Catarina X SJC 5886 pela Família Munarini, Município de Chapecó – SC</i> .....	91
7.4.3 <i>Seleção massal estratificada aplicada à população segregante Pixurum 05 x BRS 4150 pela família Pinheiro, município de São Miguel do Oeste – SC</i> .....	96
7.5 CONCLUSÕES.....	103

## **CAPÍTULO 4**

<b>8</b>	<b>IMPLICAÇÕES DOS RESULTADOS OBTIDOS PARA A AGRICULTURA .....</b>	<b>104</b>
<b>9</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>107</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A seleção e o melhoramento de plantas vêm sendo realizado á milhares de anos, inicialmente pelos coletores-caçadores-domesticadores e, posteriormente, pelos agricultores. Estas atividades, que vem sendo transmitidas de geração a geração, proporcionaram tanto uma gama de variedades que compõe hoje a diversidade genética em uso quanto à adaptação destas às condições de seus próprios cultivos. O milho (*Zea mays*) é um exemplo disso, é uma espécie de origem Mesoamericana e sua domesticação ocorreu a cerca de 9.000 anos a partir de um tipo de teosinte do vale do rio Balsas, no sul do México, sugerindo que esta região foi o “berço” da evolução do milho (MATSUOKA *et al.*, 2002). Hernandez (2012) fez uma compilação de dados a partir de estudos realizados em todos os países da América e listou aproximadamente 300 raças de milho catalogadas.

No início do século XX, o melhoramento genético possibilitou a criação do primeiro híbrido de milho nos Estados Unidos. Esta tecnologia se baseia no cruzamento de linhagens puras (SHULL, 1911), posteriormente foi amplamente difundida e aceita pelos agricultores a partir de meados daquele século, pois, como resultado produz plantas com características agrônômicas favoráveis em função do efeito da heterose. Não foi diferente no oeste catarinense, que em razão dos incentivos dados aos agricultores em termos de assistência técnica e financiamento, o milho híbrido difundiu-se rapidamente a partir da década de 1960 (TESTA, 2010). Porém, muitas famílias camponesas preservaram a tradição do cultivo das variedades crioulas, estimuladas por características qualitativas que os híbridos não apresentam, tais como sabor diferenciado, grãos menos duros (o que facilita o trato dos animais, por exemplo), autonomia de produzir as próprias sementes e diminuição de custos de produção, bem como uso em ritos culturais (ex: gastronômico). Aqui cabe a primeira pergunta: Os agricultores ainda têm a habilidade de praticar seleção e ter suas próprias variedades?

Existem muitas definições de variedades crioulas. Três delas são muito utilizadas. Dentre as diferentes definições de variedades crioulas, também chamadas de variedades tradicionais, locais ou *landraces*, Bellon & Bruschi (1994) conceituam como variedades mantidas pelos agricultores ao longo de muitas gerações, e que, após vários anos sendo cultivadas e selecionadas, adquirem características próprias de adaptação ao agroecossistema



local. Zeven (1998) define como populações conservadas, selecionadas, multiplicadas e usadas por agricultores tradicionais ao longo de muitos anos de cultivo, sendo consideradas populações geograficamente distintas, diversas em sua composição genética e adaptadas às condições agroclimáticas e ecológicas particulares às áreas de cultivo. Para Machado *et al.* (2008b), variedade tradicional é aquela que vem sendo manejada em um mesmo ecossistema, por pelo menos três gerações familiares (avô, pai e filho), e a partir da qual são incorporados valores culturais, que passam a fazer parte das tradições familiares.

Atualmente as variedades crioulas voltam a ter importância para a agricultura familiar, num momento de crise do modelo de produção convencional por dois motivos principais. Por um lado, o sistema convencional de produção tem levado ao esgotamento da fertilidade do solo e ao desequilíbrio ecológico, forçando os agricultores a arcar com altos custos de produção, decorrente da aquisição de insumos externos para seus cultivos. Por outro lado, os consumidores têm exigido alimentos mais saudáveis, preferencialmente sem agroquímicos e originados de sistemas agrícolas de baixos impactos adversos ambientais e sociais.

Uma das alternativas que vem sendo estudada e estimulada por diversas entidades públicas e privadas de ensino, pesquisa e extensão rural, bem como entidades da sociedade civil organizada ligada ao campo, entre elas associações, sindicatos, ONGs e movimentos sociais, é a transição de sistemas convencionais para a agroecologia, que incorpora em seu conceito a sustentabilidade ambiental, cultural, ética, social e econômica.

A agroecologia surgiu como sendo uma ciência que fornece uma estrutura metodológica de trabalho para a compreensão mais profunda tanto da natureza dos agroecossistemas como dos princípios segundo os quais eles funcionam (ALTIERI, 1989). Embora a agroecologia inicialmente tratasse principalmente de aspectos de produção agrícola, nas últimas décadas novas dimensões como questões ambientais, sociais, econômicas, éticas e de desenvolvimento estão se tornando relevantes. Hoje, o termo "agroecologia" significa ciência, prática agrícola ou movimento político ou social (WEZEL *et al.*, 2009). Ao contrário de sistemas convencionais, onde existem recomendações específicas, a agroecologia utiliza princípios e processos agroecológicos que são dinâmicos ao longo do tempo. Assim, a agroecologia tem data para ser iniciada, mas não tem data para ser concluída, porque os sistemas são aperfeiçoados permanentemente.

Segundo Nodari e Guerra (2015) atualmente é consenso que os benefícios da agroecologia estão associados, entre outros aspectos, à ecologia, em razão da redução da poluição da água e do solo e da conservação da biodiversidade, pois as práticas agroecológicas contribuem ainda para a recuperação de bacias hidrográficas e reduzem a dependência de insumos externos. Também os benefícios da agroecologia se associam à aspectos sociais, pois há aumento de capital e de coesão social reduzindo a migração. Igualmente, alcançam a saúde, pois há melhora expressiva na qualidade da alimentação e nutrição e redução da dependência e exposição aos agrotóxicos e outros agroquímicos.

De maneira geral, as variedades crioulas favorecem a transição agroecológica por serem mais adaptadas ao agroecossistema e possuir maior flexibilidade e resiliência. Dessa forma, um leque de oportunidades se abre para estudos sobre o comportamento de variedades crioulas em determinados ambientes de produção agroecológica. Em posse de variedades crioulas de milho, os agricultores podem realizar inovações através da seleção de plantas com características desejáveis e ao mesmo tempo inovar nos sistemas de cultivo, a fim de propiciar condições ideais para estas variedades expressarem seu potencial produtivo e sensorial.

O adequado manejo do cultivo das plantas permite que os agricultores explorem o máximo da qualidade genética dos genótipos em determinados ambientes. Fatores como época de semeadura, densidade, manejo do solo e tratos culturais influenciam diretamente os genótipos, em especial as variedades crioulas, que possuem alta interação com o ambiente.

Estudos comprovaram o que era percebido nas feiras e festas de sementes, de que o extremo oeste catarinense é considerado um micro centro de diversidade de milho (COSTA *et al.*, 2016) e as variedades ali encontradas se diferenciam fenológica, morfológica e agronomicamente, tanto das demais variedades crioulas, como também daquelas variedades de polinização aberta oriundas de empresas comerciais de sementes.

As variedades crioulas mantidas pelos agricultores familiares guardiões da agrobiodiversidade<sup>1</sup>, ao longo das gerações, estão sendo adaptadas aos sistemas de cultivo praticados na atualidade. Porém, agricultores têm alternado a época de semeadura para

---

<sup>1</sup> Guardiões e guardiãs da agrobiodiversidade são agricultores e agricultoras que possuem sementes crioulas de diferentes espécies e que as mantêm por um processo de multiplicação através do tempo, com ou sem seleção artificial. O enfoque pode ser não somente conservacionista, mas também de seleção de plantas mais adaptadas aos sistemas de produção da agricultura familiar. Entre as características que podem qualificar o guardião e guardiã de sementes estão o reconhecimento do seu papel pela comunidade ou o reconhecimento por meio da análise de evidências apresentadas e período mínimo de tempo na posse das sementes (Bevilaqua *et al.*, 2009).

prevenir contaminações com híbridos convencionais e transgênicos. Esse fato leva à segunda pergunta: Qual é o manejo adequado para as variedades crioulas expressar seu potencial genético na região oeste catarinense?

Nesta região, o extremo oeste catarinense, milhos híbridos convencionais e transgênicos vem sendo cultivados em larga escala. Este fato é base para a terceira pergunta: Em razão do cultivo de híbridos convencionais e transgênicos em larga escala na região, os agricultores estão tendo perdas ao antecipar ou postergar a época de semeadura com objetivo de prevenir contaminações?

Assim sendo, o presente estudo justifica-se tendo em vista a importância dos estudos sobre o comportamento de variedades de milho crioulo diante de novos cenários da agricultura convencional e suas ameaças, bem como das novas estratégias de seleção, uso e conservação apropriadas pelos agricultores. A rigor, o presente estudo pretende contribuir para a conservação e ampliação dos recursos genéticos de milho crioulo, em particular do oeste catarinense.

Diante do exposto, este estudo visa responder as perguntas formuladas, por meio da caracterização das práticas de seleção e de manejo, bem como avaliar genótipos de milho crioulo em sistemas agroecológicos de produção no oeste catarinense.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Estudar práticas de seleção e de manejo de variedades crioulas de milho em sistemas agroecológicos de produção no oeste catarinense.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar a influência de diferentes densidades e épocas de semeadura na fenologia, morfologia e características agronômicas das variedades crioulas de milho no oeste catarinense;
- Avaliar as características físicas e fisiológicas das sementes das variedades crioulas de milho produzidas em diferentes densidades e épocas de semeadura;
- Avaliar a interação genótipo X ambiente das variedades crioulas de milho;
- Avaliar a eficiência da seleção praticada pelos agricultores guardiões em híbridos intervarietais.

### 3 HIPÓTESES

a) Os agricultores guardiões da agrobiodiversidade possuem genótipos de milho com diversidade e alto potencial genético que podem ser recomendados para sistemas agroecológicos de produção no oeste catarinense.

**Argumento:** Os guardiões de variedades crioulas de milho possuem agroecossistemas tradicionais de produção; portanto, as variedades foram adaptadas aos mesmos e são competitivas em termos de produtividade.

b) As variedades crioulas de milho não estão expressando seu potencial produtivo em função do manejo dado com objetivo de prevenir contaminações por transgenes.

**Argumentos:** Nos últimos anos os guardiões, preocupados em evitar contaminações, estão semeando suas variedades em períodos mais tardios, o que pode estar causando perdas no rendimento.

c) A seleção aplicada pelos agricultores guardiões das sementes em populações segregantes de milho é suficientemente qualificada para ampliar a frequência de alelos desejados conforme características escolhidas pelos mesmos.

**Argumentos:** Os agricultores guardiões das sementes possuem uma gama de conhecimentos e práticas que os permitem alterar a fenologia das plantas, adaptando-as ao ambiente de cultivo.

d) As variedades crioulas de milho requerem manejo diferenciado para assegurar qualidade de sementes compatíveis com as exigências para a espécie;

**Argumentos:** As variedades crioulas conservadas pelos guardiões de sementes apresentam características diferentes que se adaptaram a manejo e ambientes específicos.

## 4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 4.1 AGROECOLOGIA E A CONSERVAÇÃO DA AGROBIODIVERSIDADE

A agroecologia fornece uma estrutura metodológica de trabalho para a compreensão mais profunda tanto da natureza dos agroecossistemas como dos princípios segundo os quais eles funcionam. Trata-se de uma nova abordagem que integra os princípios agronômicos, ecológicos e socioeconômicos à compreensão e avaliação do efeito das tecnologias sobre os sistemas agrícolas e a sociedade como um todo. Ela utiliza os agroecossistemas como unidade de estudo, ultrapassando a visão unidimensional – genética, agronomia, edafologia – incluindo dimensões ecológicas, sociais e culturais. Uma abordagem agroecológica incentiva os pesquisadores a penetrar no conhecimento e nas técnicas dos agricultores e a desenvolver agroecossistemas com uma dependência mínima de insumos agroquímicos e energéticos externos (ALTIERI, 1989).

Embora os agroecossistemas tradicionais variem com as circunstâncias geográficas e históricas, muitas características estruturais e funcionais são compartilhadas pelos diferentes sistemas, pois eles: contêm um grande número de espécies; exploram toda uma gama de microambientes com características distintas, tais como solo, água, temperatura, altitude, declividade ou fertilidade, seja em um único campo de cultivo, seja em uma região; mantêm os ciclos de materiais e resíduos através de práticas eficientes de reciclagem; têm como suporte interdependências biológicas complexas, resultando em um certo grau de supressão biológica de pragas; utilizam baixos níveis de insumos tecnológicos, mobilizando recursos locais baseados na energia humana e animal; fazem uso de variedades locais e espécies silvestres de plantas e animais e, por fim, produzem para consumo local (ALTIERI, 2004).

A agrobiodiversidade que desfrutamos hoje é resultado de práticas e inovações feitas pelos agricultores no passado, resultando na domesticação de plantas e animais. Essa expressiva diversidade genética tem sido mantida principalmente pelo uso sustentável e pela conservação *in situ on farm*, realizada notadamente pela agricultura familiar. Essas variedades conservadas localmente são consideradas reservatórios naturais de genes com potencial de uso para a produção sustentável de alimentos, fibras e medicamentos, entre outros (NODARI & GUERRA, 2015). Parte desta diversidade vem sendo também mantida pela conservação *ex situ*, em bancos de germoplasma.

As variedades crioulas são populações conservadas, selecionadas, multiplicadas e usadas por agricultores tradicionais ao longo de muitos anos de cultivo, sendo consideradas populações geograficamente distintas, diversas em sua composição genética e adaptadas às condições agroclimáticas e ecológicas particulares às áreas de cultivo (ZEVEN, 1998). A grande diversidade genética existente nas variedades crioulas (ou *landraces*) possibilitou que a seleção natural e a seleção praticada pelos agricultores promovessem a adaptação a distintos ambientes, mesmo distantes dos centros de domesticação. Nesses locais, como é o caso do extremo oeste catarinense, propriedades características foram desenvolvidas e fixadas nos diferentes genótipos, muitas delas não encontradas em outras regiões ou mesmo nas regiões de origem (NODARI & GUERRA, 2015).

Segundo a definição da Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB), conservação *in situ* significa a conservação de ecossistemas e *habitats* naturais e a manutenção e recuperação de populações viáveis de espécies, em seus meios naturais e, no caso de espécies domesticadas ou cultivadas, nos meios onde tenham desenvolvido suas propriedades características (CDB, 1992). Esta definição inclui as populações cultivadas, denominadas variedades ou raças primitivas, tradicionais ou crioulas (*landraces*), conservadas *in situ*, nas áreas agrícolas, por comunidades de agricultores tradicionais (CLEMENT *et al.*, 2007).

Maxted *et al.* (1997) definem conservação *on farm*, nesta tese denominada de *in situ on farm*, como o manejo sustentável da diversidade genética de variedades agrícolas tradicionais localmente desenvolvidas, associadas a formas e parentes selvagens e desenvolvidas por agricultores dentro de um sistema de cultivo agrícola, hortícola ou agroflorestal tradicional. Segundo Clement *et al.* (2007), a conservação *on farm* foca sua atenção nos cultivos de interesse dos agricultores e enquanto houver interesse, haverá conservação *in situ on farm*. Assim, além da importância relacionada à conservação da diversidade biológica, a conservação *in situ-on farm* está fortemente ligada à segurança e à soberania alimentar das comunidades tradicionais.

A conservação *on farm*, segundo Brush (2000), deve ser promovida pelas seguintes razões: 1- Os elementos-chaves dos recursos genéticos cultivados não podem ser capturados e mantidos fora de seus locais de cultivo; 2- Os agroecossistemas continuamente geram novos recursos genéticos; 3- É necessário manter uma cópia no campo dos recursos conservados em bancos de germoplasma; 4- Os agroecossistemas presentes nos centros de diversidade ou

evolução de plantas são laboratórios naturais para pesquisa agrícola e; 5- A CDB recomenda a conservação *in situ*.

Os projetos de conservação *in situ on farm* implicam na seleção de áreas específicas e grupos de agricultores como participantes. Esse processo de seleção envolve necessariamente a tomada de decisão centralizada, como determinar o tamanho, a localização e a forma de participação. Porém, também requerem um alto grau de descentralização e intercâmbio entre cientistas, autoridades governamentais e agricultores (BRUSH, 2000).

Na realização de projetos de conservação, uma das abordagens participativas utilizada é denominada de “Manejo Comunitário da Biodiversidade”, que reforça o poder dos agricultores e das instituições locais em prol de benefícios sociais, econômicos e ambientais para comunidades e para o público em geral, fortalecendo a tomada de decisão comunitária na conservação e no uso dos recursos comunitários da biodiversidade. Em nível de comunidade, a referida abordagem enfoca os temas que aumentam a sua capacidade de analisar aspectos relacionados à qualidade de vida e aos problemas, buscando implementar soluções respeitando o uso e a conservação de recursos genéticos da biodiversidade agrícola, em particular, da biodiversidade em geral. Reconhece e apoia instituições locais e as comunidades, legitimando-os e colocando-os como atores essenciais no sistema de recursos genéticos de plantas e no contexto mais amplo de biodiversidade e do desenvolvimento. As comunidades são fortalecidas para exercer os seus direitos de acesso seguro e de controle sobre os seus recursos genéticos (SUBEDI *et al.*, 2007).

A conservação *in situ on farm* conduzida nas unidades de produção familiares compreende a conservação do agroecossistema inteiro, sendo descrita como um processo de manejo de cultivos pelo qual os agricultores, ou as comunidades rurais, mantêm suas variedades tradicionais nas suas condições locais de manejo e de melhoramento contínuos. Assim, essa diversidade de variedades locais, co-adaptadas a vários tipos de estresses bióticos e abióticos é usada como material de melhoramento primário para as variedades modernas (DE BOEF, 2007).

O sucesso da conservação *in situ on farm* não deve ser medida apenas pelo número de alelos ou genótipos preservados. Ele também pode ser medido pelo número de agricultores de local ou de um grupo que manter populações de variedades locais e manejam essas populações de acordo com critérios e práticas locais. Alternativamente, o sucesso da



conservação *in situ on farm* pode ser medido pelo uso de germoplasma local em programas de melhoramento que resultam em novas cultivares, mas não eliminam a população da variedade de uma região. Além disso, outra medida pode ser a troca e fluxo de variedades dos camponeses dentro e entre diferentes comunidades (BRUSH, 2000).

#### 4.2 DIVERSIDADE DE GENÉTICA E IMPORTÂNCIA DA CULTURA DO MILHO

Uma grande diversidade de milho foi sendo criada ao longo do tempo, a partir de variantes que surgiram e que foram recombinados e selecionados em distintos ambientes. Estudos realizados por Brieger *et al.* (1958) descreveram cerca de 50 raças encontradas no Brasil e países próximos, agrupando-as com base na distribuição geográfica. Recentemente Hernandez (2012), fez uma compilação de dados a partir de estudos realizados em todos os países da América e listou aproximadamente 300 raças de milho. Essa diversidade é explicada, segundo Grobman (1961), pela grande diversidade de ambientes que o milho foi sendo cultivado, associada à ocorrência de mutações, hibridações e um forte processo de seleção intencional realizada pelos povos indígenas. Neste micro centro de diversidade de milho recentemente caracterizado no extremo oeste catarinense (COSTA *et al.*, 2016) é possível que uma ou mais raças novas foram formadas, mas ainda não descritas.

Além da variabilidade genética existente, o milho é a espécie cultivada que atingiu o mais elevado nível de domesticação. Essa cultura é a que mais produz alimento por área e por tempo de cultivo, sendo que certos híbridos podem chegar a 20 t/ha em quatro meses ou pouco mais (TEIXERIA *et al.*, 2006).

A produção de milho no Brasil tem grande importância econômica, social cultural e geográfica, sendo uma atividade de grande capilaridade, estando presente em todos os estados brasileiros. O Brasil é o 3º maior produtor mundial de milho. A produção brasileira de milho está concentrada nas regiões Centro-Oeste e Sul. Os principais estados produtores são Mato Grosso, Paraná, Goiás e Mato Grosso do Sul, que juntos foram responsáveis por cerca de 65% da produção da safra 2017/18. Nesta safra, Santa Catarina foi o 8º maior produtor brasileiro, com 2,57 milhões de toneladas. Porém, seu consumo foi estimado em 6,45 milhões, o que representa um déficit de mais de 3,6 milhões de toneladas no período. Na produção catarinense de milho predomina o uso de média a alta tecnologia, o que resulta numa colheita entre 8 e 8,5 toneladas por hectare em média, com tendência de elevação desse índice nos

últimos anos (ELIAS *et al.*, 2019). Segundo dados do Censo Agropecuário 2006, a agricultura camponesa é responsável por 46 % do total da produção brasileira de milho, sendo que no estado de Santa Catarina, responsável por 77% da produção, estando presente em 94.712 estabelecimentos agrícolas familiares (TESTA, 2010).

Basicamente três motivos levam os camponeses a plantar milho: autoconsumo da própria família, consumo intermediário e a destinação comercial, no autoconsumo o milho participa diretamente na alimentação humana sob diversas formas, como milho-verde, pamonha, polenta, canjica, entre muitas outras. O consumo intermediário é caracterizado pela utilização do milho na alimentação animal que, por sua vez também vão integrar a alimentação da família ou constituir excedente comercial com venda de subprodutos ou animais. O cultivo do milho para gerar renda monetária ao estabelecimento familiar pode ocorrer através da comercialização direta ao mercado como *commodities* (TESTA, 2010).

Estudos realizados na região do extremo oeste de Santa Catarina têm demonstrado que os agricultores conservam e manejam uma expressiva riqueza de variedades locais de milho para diversas finalidades. Recentemente, foi realizado um Censo da Diversidade, que permitiu identificar 1.513 variedades locais conservadas por agricultores familiares dos municípios de Anchieta e Guaraciaba, compreendendo 1078 de pipoca, 337 de milho comum, 61 de milho doce e 37 de milho farináceo, representando uma expressiva diversidade fenotípica e de usos, além da presença de parentes silvestres (COSTA *et al.*, 2016).

De um lado este estudo mostra uma riqueza de variedades em cultivo, que vem sendo conservadas *in situ on farm* pelo uso. De outro lado, demonstra que os agricultores podem continuar fazendo inovações, pois já existe diversidade genética para o desenvolvimento de novas variedades.

A manutenção de variedades locais de milho está associada a um conjunto de características e atributos, conforme descreveram Canci *et al.* (2004), como por exemplo, sabor especial, agradável ao paladar, tradição mantida ao longo do tempo, herança repassada por meio de gerações, reduz os custos de produção das propriedades, não serem transgênicas e serem saudáveis, em função da maneira como são produzidas.

Como forma de promover as sementes crioulas os camponeses e camponesas em articulação com organizações sociais do campo e da cidade realizam as Festas das Sementes Crioulas. Estas festas têm como objetivo principal proporcionar um encontro entre os

envolvidos para a troca de conhecimento, produtos e sementes. As festas contribuem para revigorar o movimento em defesa das sementes crioulas, reforçando o caráter político desse trabalho ao articulá-lo à luta pela soberania alimentar e pela autonomia tecnológica dos camponeses (CANCI *et al.*, 2007).

As Festas das Sementes Crioulas são diversas, possuem vários nomes, integram várias atividades e programações que variam em cada região do estado e contexto atual do campesinato local porém, existem semelhanças entre elas, pois, em todas há um momento de formação, de mística e de trocas. O público maior dessas festas são os camponeses, contudo, ocorre a participação e visitação nos eventos também de estudantes, técnicos, pesquisadores e consumidores urbanos.

Nos espaços destas feiras é onde ocorrem as trocas e intercâmbios, os participantes expõem em bancas seus produtos, na forma de sementes, tecnologias e artesanatos, para o público visitante. É nessas feiras que ocorre a troca de sementes, de conhecimentos e a comercialização local de produtos oriundos do campesinato. Este momento também é conhecido como feira de sabores e saberes. É o espaço que une a teoria e a prática, o produtor e o consumidor, integrando as diversas experiências desenvolvidas em torno das sementes crioulas.

Exemplo disso, no município de Anchieta, conhecido como a Capital do Milho Crioulo, é realizado a Festa Nacional das Sementes Crioulas juntamente com o Encontro Nacional de Formação Camponesa. Já foram realizadas cinco edições desta Festa Nacional, nos anos de 2000, 2002, 2004, 2007 e 2012, com participação expressiva de camponeses em todas elas.

#### 4.3 RISCOS DE EROÇÃO GENÉTICA DE MILHO CRIOULO COM O AVANÇO DOS TRANSGÊNICOS

Com a recente onda de fusões e aquisições, o grupo das chamadas "big six" (Monsanto, Bayer, Basf, Syngenta, Dow e DuPont) ficou reduzido a quatro: Bayer, Syngenta (ChemChina), Basf e Corteva (Dow/DuPont). Considerando dados das vendas de 2015 no mercado de sementes, as quatro maiores companhias do mercado mundial respondiam por 57,4% das vendas totais, antes das grandes fusões e aquisições, passando para 65%, após a consolidação (OCDE, 2018).

Com o avanço desta concentração, as variedades crioulas foram, e continuam sendo gradativamente, substituídas pelas variedades híbridas convencionais e transgênicas que passaram a dominar o mercado de sementes de milho, sendo que agora compõem mais de 88,9% da área plantada de milho no Brasil (CELERES, 2019).

De maneira geral esta substituição trás três consequências, entre outras, que influenciam nas questões ambientais, sociais e econômicas, como: aceleração do processo de erosão genética; aumento do monopólio das empresas sementeiras e; impedimento dos agricultores continuarem realizando invenções e práticas de manejo.

A legitimidade da rápida introdução de transgênicos na agricultura intensiva depende de duas afirmações: a de que eles são necessários para alimentar o mundo e que eles não ocasionam riscos significativos para a saúde e o meio ambiente. O uso de sementes transgênicas é defendido como o único caminho a ser percorrido, porém essa hipótese não é resultado de pesquisa científica, mas deriva tanto da promessa da ciência conduzida sob estratégias materialistas quanto a partir de interesses de agentes da economia global (LACEY, 2010).

Com a liberação de cultivares transgênicas de milho, a situação de vulnerabilidade se amplia pela falta de estudo sobre os impactos dessa tecnologia. Segundo Nodari e Guerra (2001) entre os riscos para a agricultura, os mais relevantes seriam o aumento da população de pragas e microorganismos resistentes e/ou patogênicos, o aumento ou promoção de plantas daninhas resistentes a herbicidas, contaminação de variedades crioulas mantidas pelos agricultores, contaminação de produtos naturais como o mel, diminuição da diversidade em cultivo com o aumento da vulnerabilidade genética, dependência dos agricultores a poucas empresas produtoras de sementes, produtividade e incerteza dos preços dos produtos transgênicos.

#### 4.4 MELHORAMENTO GENÉTICO PARTICIPATIVO DE PLANTAS (MGP)<sup>2</sup>

O surgimento do melhoramento voltado para a tolerância a estresses ambientais passou a representar uma mudança nas tendências do melhoramento e da seleção vegetal abrindo portas para o melhoramento participativo (MACHADO, 1998). Isso começou a ocorrer,

---

<sup>2</sup> Em Inglês: PPB – Participatory Plant Breeding

efetivamente, na década de 1980 no Brasil, quando, apesar de serem ainda fortemente influenciados pela filosofia da Revolução Verde, os programas de melhoramento foram direcionados para a obtenção de materiais mais adaptados às terras marginais das áreas de expansão agrícola.

O objetivo principal do MGP é proporcionar aos agricultores um leque maior de opções para que independentemente façam suas escolhas. Isso restabelece a prerrogativa dos agricultores a fazer escolhas, uma vez que esse direito foi tirado nos primeiros anos da "Revolução Verde" em muitos países. Este processo também fornece aos pesquisadores informações sobre as características específicas que os agricultores buscam, contribuindo para os objetivos do melhoramento (ALMEKINDERS & HARDON, 2006).

O melhoramento participativo vincula-se ao manejo da agrobiodiversidade e o seu enfoque estruturante deve ser descentralizado. As comunidades de agricultores familiares devem participar de todas as etapas do processo de melhoramento, a fim de garantir a sua autonomia e a sua soberania alimentar. Em sistemas agroecológicos, torna-se fundamental o desenvolvimento de variedades adaptadas aos ambientes locais. Essas variedades, quando associadas a um agroecossistema funcional, têm uma lógica própria impossível de ser reproduzida em um centro de pesquisa (MACHADO *et al.*, 2008b)

A população base do MGP pode ser originada tanto das variedades crioulas, que passam a ser inseridas em processos de seleção massal no caso das variedades alógamas, ou em processos de seleção de linhas no caso das autógamias, quanto do cruzamento de variedades crioulas com variedades “modernas” originadas da pesquisa ou dos próprios agricultores. Quando o material de origem é resultado de cruzamentos a seleção principal para a adaptação local (solos, doenças prevalentes, seca, temperatura, entre outros) e necessidades dos agricultores (sabor, aparência, entre outros) normalmente começa na terceira e quarta geração em função da baixa disponibilidade de sementes. É nesta fase que o MGP oferece vantagens reais (ALMEKINDERS & HARDON, 2006).

As primeiras iniciativas de melhoramento de milho em experiências participativas foram realizadas por agricultores do município de Três Arroios-RS, que passaram a realizar cruzamentos entre cultivares de milho híbrido, variedades comerciais e variedades crioulas em 1987, um cruzamento que se destacou na época foi o de um híbrido da Braskalb com a variedade crioula Cunha, que resultou no “Brascunha”, nome dado pelos agricultores. Na

safra 1990/91, o desafio foi a implantação do Ensaio Nacional de Milho Crioulo – ENMC, uma iniciativa das entidades da Rede PTA Sul e Sudeste, em conjunto com o Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo CNPMS – EMBRAPA (GUSSON, 1998). Outras experiências de Melhoramento Genético Participativo foram sendo construídas com a interação entre agricultores, entidades da sociedade civil organizada e entidades públicas de ensino e pesquisa.

Em sistematização sobre a pesquisa participativa em milho, Machado *et al.* (2011) relatam que o manejo da diversidade genética de milho em sistemas agroecológicos tem sido realizado com variedades crioulas, variedades oriundas do melhoramento convencional e variedades oriundas do melhoramento participativo. O melhoramento participativo tem disponibilizado variedades de milho com potencial para uso em sistemas agroecológicos, como é o caso da variedade BRS 4157 Sol da Manhã, melhorado para condições de baixa disponibilidade de nitrogênio e a variedade BRS Eldorado melhorado para eficiência no uso de fósforo.

A variedade crioula de milho MPA 01 é um composto produzido pela combinação de 30 populações de milho. Esta variedade foi produzida na propriedade do agricultor Névio Alceu Folgiarini, da comunidade da Linha São Roque, município de Anchieta/SC, tendo o apoio técnico do Sindicato de Trabalhadores da Agricultura Familiar (SINTRAF) e da Associação dos Pequenos Plantadores de Milho Crioulo Orgânico e Derivados (ASSO) de Anchieta (KIST, 2006). A variedade MPA 01 vem sendo melhorada desde sua criação onde métodos de melhoramento participativo estão sendo aplicado e vários trabalhos foram publicados desde então, como o estudo da morfologia da planta (MERGENER, 2007), da sanidade da planta (SASSE, 2008), e nutricional (LEMOS, 2010), contribuindo para melhor conhecimento dessa variedade.

Outras espécies também estão sendo alvo de trabalhos de melhoramentos participativo como o trabalho desenvolvido com feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) (ANTUNES *et al.*, 2009) e Goiabeira-serrana (*Acca Sellowiana*) (SANTOS *et al.*, 2017).

O programa de melhoramento genético do feijão da Embrapa Clima Temperado, reconhecendo a importância de uma boa nutrição às populações como suporte a uma boa saúde e a necessidade de uma ampla variabilidade genética dos cultivos como meio de diminuir a vulnerabilidade genética, delineou uma metodologia que denominou como

Partitura de Biodiversidade (PBio). A PBio se constitui em uma coleção de cultivares crioulas (ANTUNES, 2009). A primeira PBio construída foi composta de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), espécie de grande importância social e econômica para o Brasil. As PBios constituíram-se de uma coleção de 13 cultivares, sendo três derivadas da pesquisa e incluídas como testemunhas. A implantação deu-se nos anos agrícola 2007/08 e 2008/09, cujas sementes foram encaminhadas para 41 produtores do estado do Rio Grande do Sul. A instalação e manutenção das PBios foi realizada pelos agricultores selecionados (ANTUNES, 2009).

O manejo das parcelas é realizado de acordo com a metodologia usual de cada um dos agricultores de modo a que a escolha da cultivar resulte de uma melhor adaptação ao respectivo sistema de cultivo. As cultivares foram avaliadas em conjunto pelo agricultor e pelo técnico regional da Emater (Agência Estadual de Extensão), que elegeram as três consideradas como melhores. Verificou-se adaptação diferenciada das cultivares aos diferentes ambientes em que foram testadas (ANTUNES, 2009).

#### 4.5 SELEÇÃO MASSAL

A seleção recorrente é qualquer processo cíclico de melhoramento que envolve a seleção de indivíduos superiores e recombinação dos mesmos. Em cada ciclo espera-se aumentar, de forma gradativa e contínua, as frequências de alelos favoráveis e, conseqüentemente, a média do caráter sob seleção sem, contudo, reduzir a variabilidade genética (SOUZA JÚNIOR, 2001).

A seleção massal é o método de seleção recorrente mais antigo empregado no melhoramento de plantas, onde a unidade de seleção são os fenótipos das plantas. Os fenótipos por sua vez, resultam da combinação de fatores genéticos dos indivíduos e efeitos ambientais. São características visuais expressas como a floração, maturação, resistência a pragas, estatura ou qualquer outra passível de observação (HALLAUER, 2011).

Para caracteres com menos influência do ambiente (herdabilidade alta) a seleção massal tem apresentado resultados positivos, como comprovado por Andrade (1988) que obteve, após três ciclos de seleção massal para altura de espigas e número de ramificações de pendão, ganhos de 2,91% e 14,6% por ciclo, respectivamente.

No entanto, embora os ciclos de seleção massal possam obter ganhos genéticos baixos para características de baixa herdabilidade, o ciclo de seleção é de apenas um ano. Neste sentido, a seleção massal, com o tempo se torna também eficiente para selecionar os mais diversos caracteres.

#### 4.6 QUALIDADE DE SEMENTES

A busca de genes que controlam a qualidade nutricional, como o aumento nos teores de óleo e proteínas nas sementes, frequentemente, levam a diminuições nos conteúdos de fibras tornando as sementes menos resistentes aos danos mecânicos, principalmente durante a colheita. Também a alteração na composição química, visando eliminar substâncias com sabores desagradáveis podem levar à diminuição das propriedades fúngicas e inseticidas dados pelos compostos químicos secundários nas sementes (PRETE e GUERRA, 1999).

O melhorista tem o grande desafio de obter cultivares melhoradas com características específicas e, ao mesmo tempo, sementes de qualidade, o que, muitas vezes, se apresenta como objetivos conflitantes. Tanto o ambiente quanto o genótipo têm importante papel na qualidade de sementes mas, apesar do evidente e notório efeito das condições de ambiente sobre a qualidade fisiológica das sementes, a importância do genótipo não deve ser negligenciada (PRETE e GUERRA, 1999).

O máximo potencial de qualidade de sementes, como germinação, emergência e vigor de plântulas, é controlado geneticamente e as condições ambientais determinam como ele poderá se manifestar (PRETE e GUERRA, 1999). Dessa forma, torna-se importante para o melhoramento genético o acompanhamento de suas etapas com testes que avaliem a qualidade fisiológica das sementes.

A diversidade genética das cultivares crioulas e varietais, bem como a sua adaptabilidade ao ambiente, ou seja, a interação genótipo x ambiente, reforçam ainda mais a necessidade de realizar estudos sobre qualidade de sementes de forma contínua o longo de anos de produção. Estudos preliminares já realizados por Nerling e Coelho (2013) indicaram que testes de vigor e viabilidade são importantes em programas de melhoramento, pois permitem a identificação de genótipos com melhor qualidade de sementes e também o método de envelhecimento acelerado como o mais discriminante entre os genótipos no vigor das sementes.



Assim, as sementes de variedades de polinização aberta, que incluem as variedades crioulas, desenvolvidas por empresas ou mesmo agricultores, também poderão ser comercializadas, pois apresentam os padrões de qualidade de sementes determinados pela legislação em vigor.

## 4.7 PRÁTICAS DE MANEJO DA CULTURA DO MILHO

### 4.7.1 Densidade de plantas em variedades crioulas

O arranjo de plantas em milho pode ser manipulado através de alterações na população de plantas, espaçamento entre linhas, na distribuição de plantas na linha e na variabilidade entre plantas (emergência desuniforme), o qual vai proporcionar modificações na configuração do dossel da cultura, podendo alterar a interceptação da radiação solar. O melhor arranjo de plantas no campo é aquele que possibilita a melhor utilização de luz, água e nutrientes pelo cultivar de milho (ROMANO *et al.*, 2007).

Alguns trabalhos mostram a viabilidade técnica e econômica da produção de milho orgânico, principalmente utilizando-se variedades. Entretanto, adequações no manejo cultural são ainda necessárias para a melhoria da eficiência do sistema orgânico de produção de milho visando usos como milho verde, silagem e produção de grãos (CRUZ *et al.*, 2006).

Em experimento realizado com variedades de polinização aberta de milho, Cruz, *et al* (2006) verificaram que o rendimento de grãos aumentou significativamente com a elevação da densidade de plantio, variando de 3.145 kg ha<sup>-1</sup>, na densidade de 30.000 plantas ha<sup>-1</sup>, até 6.175 kg ha<sup>-1</sup>, na densidade de 60.000 plantas ha<sup>-1</sup>. As densidades intermediárias de 40.000 e 50.000 plantas ha<sup>-1</sup> apresentaram rendimentos de 4.253 kg ha<sup>-1</sup> e 4.961 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

Trabalho realizado com o objetivo de avaliar o desempenho das variedades de milho crioulo utilizando diferentes densidades de plantio no sertão paraibano demonstrou que as densidades testadas não influenciaram na altura de planta, altura de inserção da primeira espiga e peso de espigas despalhadas comercializáveis. A menor densidade, 20.000 plantas ha<sup>-1</sup>, proporcionou maior resultado para diâmetro de espiga verde e do colmo. Para o número e peso total de espiga e número de espiga desempalhada é recomendável a densidade de

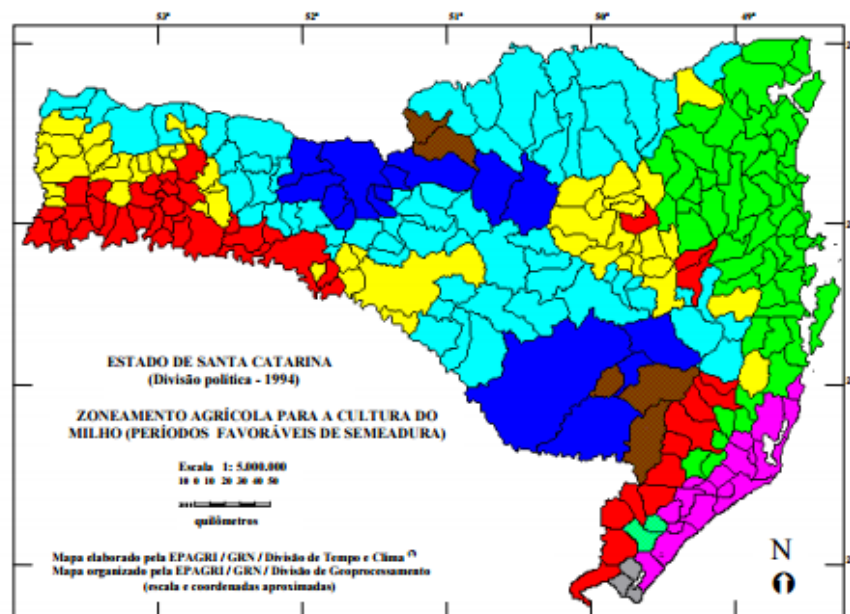
55.555 plantas ha<sup>-1</sup>, sendo viável a densidade de 31.250 plantas ha<sup>-1</sup> para número e peso de espigas empalhadas (PAIVA *et al.*, 2015).

#### 4.7.2 Épocas de semeadura

O plantio de milho na época adequada, embora não tenha nenhum efeito no custo de produção, seguramente afeta o rendimento e, conseqüentemente o lucro do agricultor. Para a tomada de decisão quanto à época de plantio, é importante conhecer os fatores de riscos, que tendem a ser minimizados quanto maior eficiente for o planejamento das atividades relacionadas à produção. A produtividade do milho é função de vários fatores integrados, sendo os mais importantes a interceptação de radiação pelo dossel, eficiência metabólica, eficiência de translocação de fotossintatos para os grãos e a capacidade de dreno. As respostas diferenciadas dos genótipos à variabilidade ambiental, ou seja, à interação genótipo e ambiente, significa que os efeitos genotípicos e ambientais não são independentes. Daí a importância de conhecer a época de plantio analisando todo o ciclo da cultura, procurando prever as condições ambientais em todas as suas fases fenológicas (SANS & GUIMARÃES, 2010).

Em Santa Catarina, todos os municípios são aptos para o cultivo do milho. Por meio de parâmetros como temperatura mínima mensal, probabilidade de ocorrência de geada mensal e deficiência hídrica na floração, Thomé *et al* (1997) determinaram oito períodos favoráveis de semeadura da cultura do milho, por município no estado (Figura 1).

Figura 1- Períodos favoráveis de semeadura do milho nas distintas regiões no estado de Santa Catarina.



Legenda:

- - Período favorável de semeadura de 01 de agosto a 10 de janeiro
- - Período favorável de semeadura de 11 de agosto a 10 de janeiro
- - Período favorável de semeadura de 21 de agosto a 31 de dezembro
- - Período favorável de semeadura de 01 de setembro a 20 de dezembro
- - Período favorável de semeadura de 11 de setembro a 10 de dezembro
- - Período favorável de semeadura de 21 de setembro a 30 de novembro
- - Período favorável de semeadura de 01 de agosto a 10 de outubro e 01 de dezembro a 10 de janeiro
- - Período favorável de semeadura de 11 de agosto a 10 de outubro e 01 de dezembro a 10 de janeiro

Fonte: Thomé *et al* (1997)

A planta de milho precisa acumular quantidades distintas de energia ou simplesmente unidades calóricas necessárias a cada etapa de crescimento e desenvolvimento. A unidade calórica é obtida através da soma térmica necessária para cada etapa do ciclo da planta, desde o plantio até o florescimento masculino. Com relação ao ciclo, as cultivares são classificadas pelas empresas produtoras de sementes em normais ou tardias, semiprecoces, precoces e superprecoces (CRUZ *et al.*, 2010).

As cultivares normais apresentam exigências térmicas correspondentes a 890 1200 graus-dias (G.D.), as precoces de 831 a 890 e as superprecoces, de 780 a 830 G.D. Essas exigências calóricas se referem ao cumprimento das fases fenológicas compreendidas entre a emergência e o início da antese. De acordo com o Zoneamento Agrícola para a cultura de

milho, as cultivares eram classificadas, em função do ciclo, em três grupos: Grupo I - necessita até 780 U.C (precoce); Grupo II - necessita entre 780 e 860 U.C. (ciclo médio); e Grupo III - necessita mais que 860 U.C. (ciclo tardio) (CRUZ *et al.*, 2010).

A recomendação de épocas de plantio do milho é realizada a partir de análises e modelagem de clima e informações fenológicas relacionadas à cultura. Como resultado tem-se a publicação das portarias de Zoneamento Agrícola de Risco Climático por Unidade da Federação. A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), em parceria com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, desenvolve um estudo sobre as exigências mínimas de cada cultura a ser zoneada. Em seguida, com os estudos e as séries climáticas diárias de no mínimo de 15 anos há a elaboração do calendário de plantio por tipo de solo e por cultivar, em cada município. O produto final é publicado em portarias no Diário Oficial da União e no site do Ministério da Agricultura (MAPA, 2016).

A partir da safra 2009/10, para efeito de simulação do Zoneamento Agrícola, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento classifica as cultivares em três grupos de características homogêneas: Grupo I ( $n < 110$  dias); Grupo II ( $n$  maior ou igual a 110 dias e menor ou igual a 145 dias); e Grupo III ( $n > 145$  dias), onde  $n$  expressa o número de dias da emergência à maturação fisiológica (CRUZ *et al.*, 2010). A variedade de milho SCS 155 Catarina, por exemplo, cultivar usada como testemunha no presente trabalho está no Grupo II.

## CAPÍTULO 1

### 5 EFEITO DE ÉPOCA E DENSIDADE DE SEMEADURA EM GENÓTIPOS DE VARIEDADES CRIOULAS DE MILHO EM SISTEMA DE BASE AGROECOLÓGICA<sup>3</sup>

#### 5.1 RESUMO

Famílias camponesas preservaram a tradição do cultivo das variedades crioulas de milho estimuladas por características que os híbridos não apresentam. A grande diversidade genética existente nas variedades crioulas possibilitou que a seleção promovesse a adaptação a distintos ambientes, onde propriedades características foram desenvolvidas e fixadas nos diferentes genótipos, muitas delas não encontradas em outras regiões ou mesmo nas regiões de origem. Sendo assim, o maior desafio para a conservação da diversidade genética *in situ on farm* evitar o fluxo gênico e a introgressão genética de transgenes nas variedades crioulas. Nesse sentido, os agricultores são obrigados a alterar épocas de semeadura para garantir isolamento temporal uma vez que a maioria das áreas é pequena inviabilizando o isolamento de suas lavouvas com as dos vizinhos no espaço. Nessas situações, adequações no manejo podem ser necessárias para a melhoria da eficiência do sistema. Neste contexto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o comportamento de variedades crioulas de milho em sistema de base agroecológica submetidas às diferentes épocas e densidades de semeadura. No ensaio conduzido em parcelas sub-sub-divididas, a parcela principal foi representada pela época, a sub-parcela pelo genótipo e a sub-sub-parcela pela densidade, com três repetições, por dois anos consecutivos. Os resultados demonstraram efeitos significativos de época e densidade de semeadura nas características avaliadas. É possível indicar que a época mais adequada para semeadura de variedades crioulas de milho em sistema de base agroecológica é em setembro para o Oeste de Santa Catarina, sendo que para essa época as variedades expressaram maior potencial de produtividade de grãos na faixa de densidade de 45000 a 50000 pl.ha<sup>-1</sup>. Contudo, setembro é também a época do plantio das variedades transgênicas. Além disso, o aumento

---

<sup>3</sup>O artigo “Effect of sowing time and density for vegetative and reproductive traits of genotypes of maize landrace in an agroecological system”, que aborda o conteúdo deste capítulo, foi publicado na Revista Ciência Rural, Santa Maria, v.51:5, e20200145, <http://doi.org/10.1590/0103-8478cr20200145>, 2021

significativo do número de plantas quebradas e acamadas em semeaduras tardias (novembro e janeiro) indica que para escapar da contaminação, os agricultores que cultivam variedades crioulas terão prejuízos significativos.

**Palavras chave:** *Zea mays ssp mays* L. Conservação *in situ on farm*, interação genótipo x ambiente, contaminação por transgenes

## 5.2 ABSTRACT

Small farmers have preserved the tradition of cultivating the *landraces* of corn, stimulated by characteristics that the hybrids do not present. The great genetic diversity existing in the *landraces* made it possible for the selection to promote adaptation to different environments, where characteristic properties were developed and fixed in the different genotypes, many of them not found in other regions or even in the regions of origin. Therefore, the major challenge for *in situ on farm* conservation of the genetic diversity is to avoid the gene flow and the genetic introgression of transgenes in *landrace* varieties. In this sense, farmers are forced to change sowing dates to ensure temporary isolation since most of the areas are too small and closed that make spacial isolation of their crops with those of their neighbors unfeasible. The objective of the present work was to evaluate the behavior of corn *landraces* in agroecological system submitted to the different densities and sowing periods. The assay was carried out in split split plots design, where the main plot was represented by the date of sowing, the split plot by the genotype and the split split plot by the density, with three replications for two consecutive years. The results demonstrated a significant effect of sowing dates and density on the evaluated characteristics. It is possible to indicate that the most suitable time for sowing *landrace* corn in an agroecological system in west part of Santa Catarina is September, when genotypes expressed greater grain yield in the density range of 45000 a 50000 pl.ha<sup>-1</sup>. However, September is also the time for planting transgenic varieties. In addition, the significant increase in the number of broken and lodged plants in late sowing (November and January) indicates that in order to escape contamination, farmers who cultivate *landraces* will have significant losses.

**Keywords:** *Zea mays ssp mays* L. *in situ on farm* conservation, genotype x environment interaction, transgene contamination

### 5.3 INTRODUÇÃO

Um cereal americano (com origem no México), o milho foi submetido à seleção pelos diferentes povos sendo disperso e hoje é cultivado na maioria absoluta dos países. Assim, desde a época do contato dos europeus com o continente americano, o milho se tornou um dos cereais mais importantes para a humanidade, devido principalmente ao seu grande uso na alimentação humana e animal. É uma das principais fontes de proteína e carboidratos para alimentação humana, em muitos países da América Latina e África (SHIFERAW *et al.*, 2011).

Uma grande diversidade de milho foi sendo criada ao longo do tempo, a partir de variantes que surgiram e que foram recombinados e selecionados em distintos ambientes. HERNANDEZ (2012) fez uma compilação de dados a partir de estudos realizados em todos os países da América e listou aproximadamente 300 raças de milho. Essa diversidade é explicada, segundo GROBMAM (1961), pela grande diversidade de ambientes que o milho foi sendo cultivado, associada à ocorrência de mutações, hibridações e um forte processo de seleção intencional realizada pelos povos indígenas e tradicionais.

O melhoramento genético praticado por empresas de melhoramento e de produção de sementes trouxe para o mercado as cultivares de milho híbrido, que em razão dos incentivos dados aos agricultores em termos de assistência técnica e financiamento, difundiu-se rapidamente a partir da década de 1960. Mais tarde as cultivares híbridas transgênicas de milho passaram a dominar o mercado de sementes de milho, sendo que agora compõem mais de 88,9% da área plantada de milho no Brasil (CELERES, 2019).

Contudo, muitas famílias camponesas preservaram a tradição do cultivo das variedades crioulas de milho, estimuladas por características qualitativas que os híbridos não apresentam, tais como sabor diferenciado, grãos menos duros (o que facilita o trato dos animais por exemplo), autonomia de produzir as próprias sementes e diminuição de custos de produção, bem uso em ritos culturais (ex: gastronômico). A grande diversidade genética existente nas variedades crioulas possibilitou que a seleção natural e a seleção praticada pelos agricultores promovessem a adaptação a distintos ambientes, mesmo distantes dos centros de domesticação onde propriedades características foram desenvolvidas e fixadas nos diferentes genótipos, muitas delas não encontradas em outras regiões ou mesmo nas regiões de origem

(Nodari & Guerra, 2015). Recentemente, foi realizado um Censo da Diversidade, que permitiu identificar 1.513 variedades crioulas de milho conservadas por agricultores familiares, compreendendo 1078 de pipoca, 337 de milho comum, 61 de milho doce e 37 de milho farináceo, representando uma expressiva diversidade fenotípica e de usos, além da presença de parentes silvestres (COSTA F. M. *et al.*, 2017).

Estudos mostram a viabilidade técnica e econômica da produção de variedades crioulas de milho em sistemas de base agroecológica. Entretanto, adequações no manejo do cultivo são ainda necessárias para a melhoria da eficiência do sistema (CRUZ *et al.*, 2006). Por exemplo, o arranjo de plantas em milho pode ser manipulado através de alterações no número de plantas por área. O melhor arranjo de plantas no campo é aquele que possibilita a melhor utilização de luz, água e nutrientes pela cultivar de milho (ROMANO *et al.*, 2007).

A semeadura de milho na época adequada, embora não tenha nenhum efeito no custo de produção, seguramente afeta o rendimento. As respostas diferenciadas dos genótipos à variabilidade ambiental significam que os efeitos genotípicos e ambientais não são independentes. Daí a importância de conhecer a época de semeadura analisando todo o ciclo da cultura, procurando prever as condições ambientais em todas as suas fases fenológicas (SANS e GUIMARÃES, 2010).

Assim, o objetivo do presente trabalho foi avaliar variedades crioulas de milho em sistema de base agroecológica submetidas a diferentes épocas e densidades de semeadura.

#### 5.4 MATERIAL E MÉTODOS

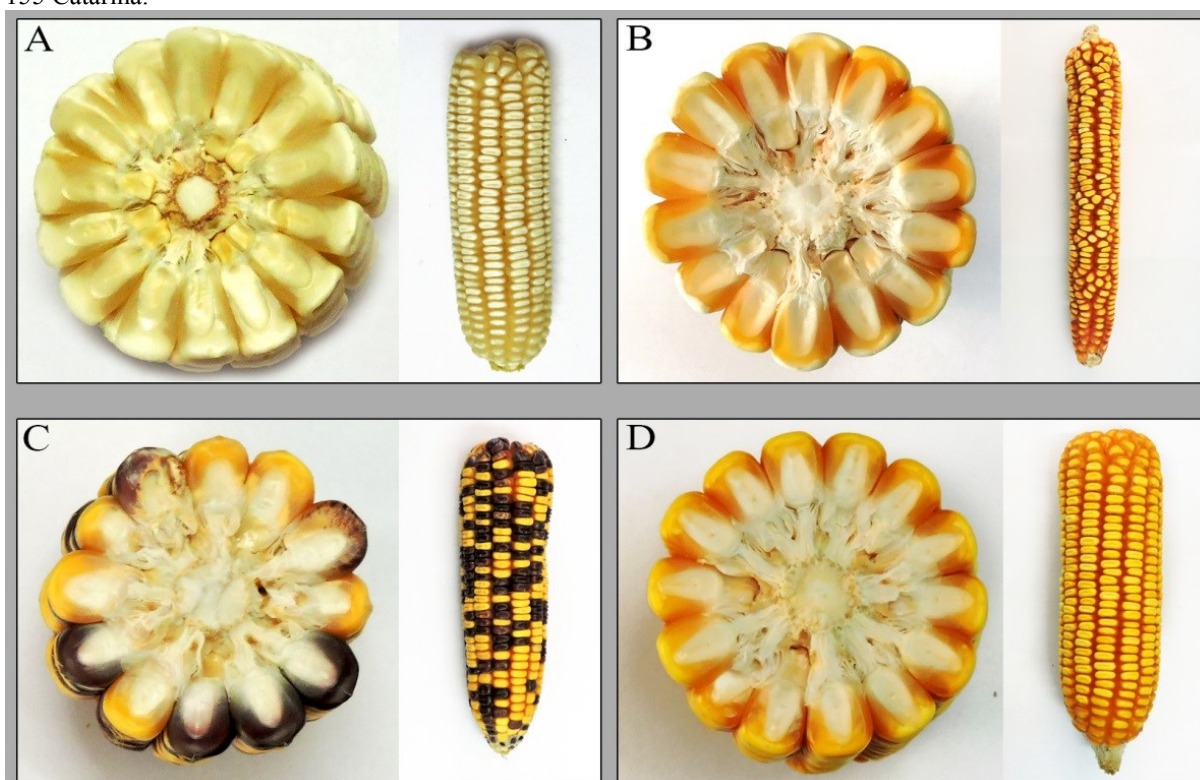
Os ensaios foram instalados em uma unidade de produção familiar localizada no município de Chapecó-SC a 27°03'21,26'' de latitude Sul e 52°40'07,13'' de longitude Oeste e altitude média de 690 m. A análise de solo apresentou teor de Matéria Orgânica de 3,7%, Potássio 138 ppm, Fósforo 4 ppm e pH de 5,7. O experimento foi conduzido em parcelas sub-sub-divididas com três repetições, sendo a parcela principal representada pela época, a sub-parcela pelo genótipo e a sub-sub-parcela pela densidade. A primeira época de semeadura foi realizada nos dias 10 e 12 de setembro, a segunda nos dias 11 e 14 de novembro e a terceira nos dias 14 e 15 de janeiro respectivamente, nos anos agrícolas 2016/2017 e 2017/2018.



Todas as épocas eram iniciadas pelo zoneamento de risco climático (MAPA, 2020). As densidades foram de 25000; 40000; 55000 e 70000 pl.ha<sup>-1</sup>.

Das variedades de milho utilizadas, três foram crioulas, denominadas de Branco Precoce, Taquara e Língua de Papagaio, que eram cultivadas por agricultores Guardiões de Sementes/Agrobiodiversidade, vinculados ao Movimento de Pequenos Agricultores- MPA, no oeste catarinense. As mesmas possuíam características que as diferenciam umas das outras, como ciclo, altura e tipo de grãos (Figura 1). A quarta foi a Variedade de Polinização Aberta comercial SCS 155 Catarina, muito cultivada no estado de Santa Catarina, no presente estudo como testemunha.

Figura 2 - Germoplasma utilizado nos ensaios. A- Branco Precoce; B- Taquara; C- Língua de Papagaio; D- SCS 155 Catarina.



Fonte: Autor (2020)

A unidade experimental foi constituída por cinco fileiras de 5 m de comprimento, espaçadas em 0,7 m, como área útil foi utilizada as 3 fileiras centrais totalizando 10,5 m<sup>2</sup>. Por ocasião da semeadura, as sementes foram distribuídas uniformemente nos sulcos, tomando-se

como base o dobro de sementes necessárias para se obter a densidade de plantas desejada, de acordo com as quatro densidades pretendidas. Quando as plantas estavam no estágio V2 da escala de RITCHIE *et al.* (1993) foi realizado o desbaste para atingir as populações de plantas desejadas, conforme os tratamentos de cada parcela.

Nos ensaios foram utilizados 1800 kg ha<sup>-1</sup> de adubo orgânico compostado. O controle de plantas invasoras foi realizado com capinas manual, e o controle de lepidópteros, quando necessário, foi realizado com produtos a base de *Bacillus Thuringiensis* que possuem atividade bioinseticida.

Foi determinado na área útil das parcelas: o Florescimento masculino - **FM** sendo o número de dias, decorrido da sementeira ao florescimento masculino, ou seja, quando o último ramo do pendão se tornou visível e teve início a polinização em 50% das plantas da parcela, Florescimento feminino – **FF**, sendo o número de dias, decorrido da sementeira ao florescimento feminino, momento em que o estilo-estigma das espigas tornou-se visível em 50% das plantas da parcela, Altura da planta – **AP**, Altura da espiga – **AE** e Diâmetro do colmo – **DC**, de acordo com os descritores mínimos da cultura (IBPGRI, 1991). A Percentagem de Plantas acamadas - **PA** determinado em percentual, pela contagem das plantas que, na colheita, apresentarem ângulo de inclinação do colmo superior que 45° em relação à vertical, Plantas quebradas - **PQ** determinada em percentual, pela contagem das plantas que, na colheita, apresentarem o colmo torcido ou quebrado abaixo do ponto de inserção da espiga, Produtividade de grãos - **PG** ajustado para ton.ha<sup>-1</sup>, foi determinada segundo UATE *et al.* (2015).

A análise de variância foi feita de duas formas: individualmente por ano e com os dados conjuntos dos dois anos. Os valores de F para os efeitos principais e interações foram considerados significativos ao nível de significância de 5% ( $P > 0,05$ ) Quando alcançada significância, as médias das densidades de plantas foram comparadas por análise de regressão, testando-se os modelos linear e quadrático. As médias dos genótipos e épocas foram comparadas pelo teste de Tukey. As duas análises de médias foram feitas ao nível de significância de 5%. As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o programa estatístico R (R CORE TEAM, 2016).

## 5.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram constatadas diferenças estatísticas significativas para as características avaliadas entre genótipos, épocas e entre anos agrícolas; por este motivo as médias estão apresentadas individualmente para cada ano. Além disso, observou-se interações simples estatisticamente significativas para todas as características avaliadas e a tríplice para produtividade de grãos (Tabela 1).

**Tabela 1** - Resumo da análise de variância conjunta, indicando graus de liberdade (GL) e os quadrados médios de variedades crioulas de milho em sistema orgânico submetidos a diferentes épocas e densidades de semeadura nas safras agrícolas 2016/2017 e 2017/2018, Chapecó, SC.

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios e Significância de F											
		FM (dias)	FF (dias)	AP (cm)	AIE (cm)	DC (mm)	AF (°)	NFE	NGF	PA (%)	PQ (%)	PRO	PG (tn.ha <sup>-1</sup> )
Ano	1	10,5*	2,0 <sup>ns</sup>	1830***	340 <sup>ns</sup>	236,7***	598,9***	15,17***	256,5***	41,42***	0,91 <sup>ns</sup>	0,1160*	178,67***
Época	2	253,6**	554,3***	14144***	2724***	1,2 <sup>ns</sup>	9,4 <sup>ns</sup>	8,60***	944,4***	286,25***	182,17***	0,7836***	107,14***
Genótipo	3	1110,2**	1200,5***	82708***	56045***	99,4***	96,6***	35,32***	320,3***	27,50***	42,17***	0,1078***	10,22***
Densidade	3	5,8*	6,8**	373 <sup>ns</sup>	238 <sup>ns</sup>	185,4***	3,1 <sup>ns</sup>	0,33 <sup>ns</sup>	78,6***	4,99*	10,51***	0,2565***	3,43***
Ano: Época	2	0,5 <sup>ns</sup>	7,5**	1880***	4351***	72,7***	215,1***	15,94***	57,6***	71,62***	3,55 <sup>ns</sup>	0,0772*	11,39***
Ano: Genótipo	3	0,1 <sup>ns</sup>	5,7*	197 <sup>ns</sup>	27 <sup>ns</sup>	22,2**	59,1***	5,99***	10,8 <sup>ns</sup>	4,05 <sup>ns</sup>	4,74 <sup>ns</sup>	0,0093 <sup>ns</sup>	9,50***
Época: Genótipo	6	38,5**	31,4***	63 <sup>ns</sup>	158 <sup>ns</sup>	4,1 <sup>ns</sup>	36,3***	3,37***	30,1***	14,30***	12,41***	0,0876***	3,75***
Ano: Densidade	3	1,2 <sup>ns</sup>	0,8 <sup>ns</sup>	83 <sup>ns</sup>	124 <sup>ns</sup>	2,0 <sup>ns</sup>	12,7 <sup>ns</sup>	0,09 <sup>ns</sup>	6,2 <sup>ns</sup>	1,01 <sup>ns</sup>	0,42 <sup>ns</sup>	0,0117 <sup>ns</sup>	1,25 <sup>ns</sup>
Época: Densidade	6	0,7 <sup>ns</sup>	0,8 <sup>ns</sup>	517**	204*	9,9 <sup>ns</sup>	18,3**	0,34 <sup>ns</sup>	36,7***	2,76 <sup>ns</sup>	2,56 <sup>ns</sup>	0,1034***	1,83**
Genótipo: Densidade	9	0,7 <sup>ns</sup>	0,6 <sup>ns</sup>	101 <sup>ns</sup>	82 <sup>ns</sup>	3,5 <sup>ns</sup>	16,2**	0,60 <sup>ns</sup>	15,2**	1,54 <sup>ns</sup>	2,88 <sup>ns</sup>	0,0210 <sup>ns</sup>	0,91 <sup>ns</sup>
Ano: Época: Genótipo	6	4,8*	3,2 <sup>ns</sup>	1727***	1069***	7,4 <sup>ns</sup>	25,5***	5,50***	25,2***	3,34 <sup>ns</sup>	3,55 <sup>ns</sup>	0,0220 <sup>ns</sup>	0,86 <sup>ns</sup>
Ano: Época: Densidade	6	0,6 <sup>ns</sup>	0,8 <sup>ns</sup>	268 <sup>ns</sup>	71 <sup>ns</sup>	2,4 <sup>ns</sup>	3,1 <sup>ns</sup>	0,57 <sup>ns</sup>	3,0 <sup>ns</sup>	0,75 <sup>ns</sup>	0,14 <sup>ns</sup>	0,0035 <sup>ns</sup>	0,83 <sup>ns</sup>
Ano: Genótipo: Densidade	9	0,9 <sup>ns</sup>	1,0 <sup>ns</sup>	155 <sup>ns</sup>	193 <sup>ns</sup>	7,3 <sup>ns</sup>	8,2 <sup>ns</sup>	0,32 <sup>ns</sup>	8,3 <sup>ns</sup>	0,44 <sup>ns</sup>	1,16 <sup>ns</sup>	0,0097 <sup>ns</sup>	0,54 <sup>ns</sup>
Época: Genótipo: Densidade	18	0,8 <sup>ns</sup>	0,7 <sup>ns</sup>	186 <sup>ns</sup>	76*	1,5 <sup>ns</sup>	8,1 <sup>ns</sup>	0,54 <sup>ns</sup>	9,3 <sup>ns</sup>	2,30 <sup>ns</sup>	2,38 <sup>ns</sup>	0,0172 <sup>ns</sup>	0,61 <sup>ns</sup>
Ano: Época: Genótipo: Densidade	18	0,3 <sup>ns</sup>	0,3 <sup>ns</sup>	152 <sup>ns</sup>	89 <sup>ns</sup>	2,0 <sup>ns</sup>	5,7 <sup>ns</sup>	0,38 <sup>ns</sup>	5,5 <sup>ns</sup>	0,69 <sup>ns</sup>	0,71 <sup>ns</sup>	0,0122 <sup>ns</sup>	0,47 <sup>ns</sup>
Resíduo	192	1,5	1,6	148	87	4,8	5,7	0,34	6	1,61	1,82	0,0171	0,47
Total	287												
CV		1,88	1,87	5,56	8,34	10,69	9,6	4,2	6,72	50,41	52,29	13,99	20,15

<sup>ns</sup>: não significativo; ‘\*\*\*’ 0.001 ‘\*\*’ 0.01 ‘\*’ 0.05 pelo teste F

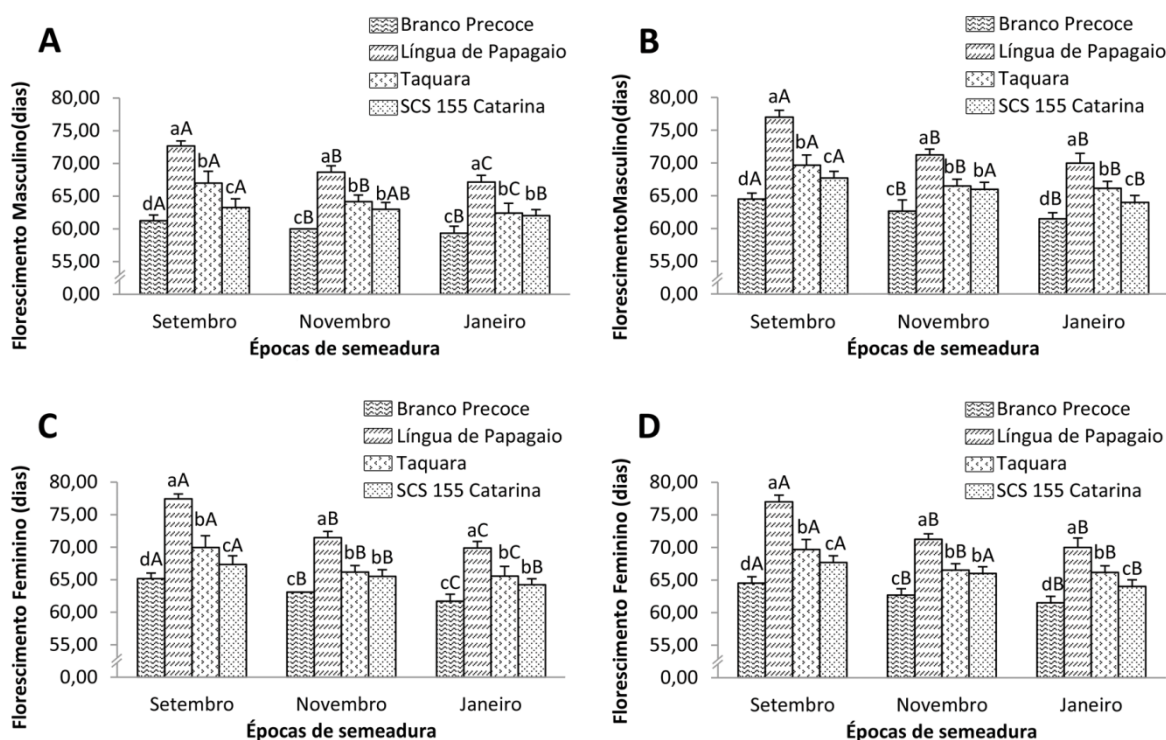
\* Florescimento Masculino – FM, Florescimento Feminino – FF, Altura de Planta - AP, Altura da Inserção da Espiga - AIE, Diâmetro de Colmo - DC, Ângulo Folhar – AF, Número de Fileiras por Espiga - NFE, Número de Grãos por Fileira - NGF, Plantas Acamadas - PA, Plantas Quebradas – PQ, Prolificidade – PRO e Produção de Grãos - PG.

Fonte: Autor (2020)



Não houve efeito significativo de diferentes densidades de plantio sobre o florescimento masculino e feminino dos genótipos de variedades crioulas avaliadas. Em todos, a emissão do florescimento masculino ocorreu antes do florescimento feminino, devido ao milho apresentar característica protândrica. Também foi constatado diferenças nos ciclos dos genótipos dentro e entre épocas de semeadura (Figura 2). O genótipo Língua de Papagaio revelou ser o mais tardio e o genótipo Branco Precoce o mais precoce, independentemente do ano e época de semeadura, com médias de 69,7 e 60,43 dias, respectivamente, para o florescimento masculino, e 72,91 e 63,31 dias, respectivamente, para o florescimento feminino.

Figura 2 - Florescimento masculino (A, B) e Florescimento feminino (C, D) de genótipos variedades crioulas de milho em sistema de base agroecológica submetidos a diferentes épocas e densidades de semeadura nos anos agrícolas 2016/2017 (A, C) e 2017/2018 (B, D). Chapecó, SC. Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas, em cada época, e maiúsculas, em cada genótipo, não diferem pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).



Fonte: Autor (2020)

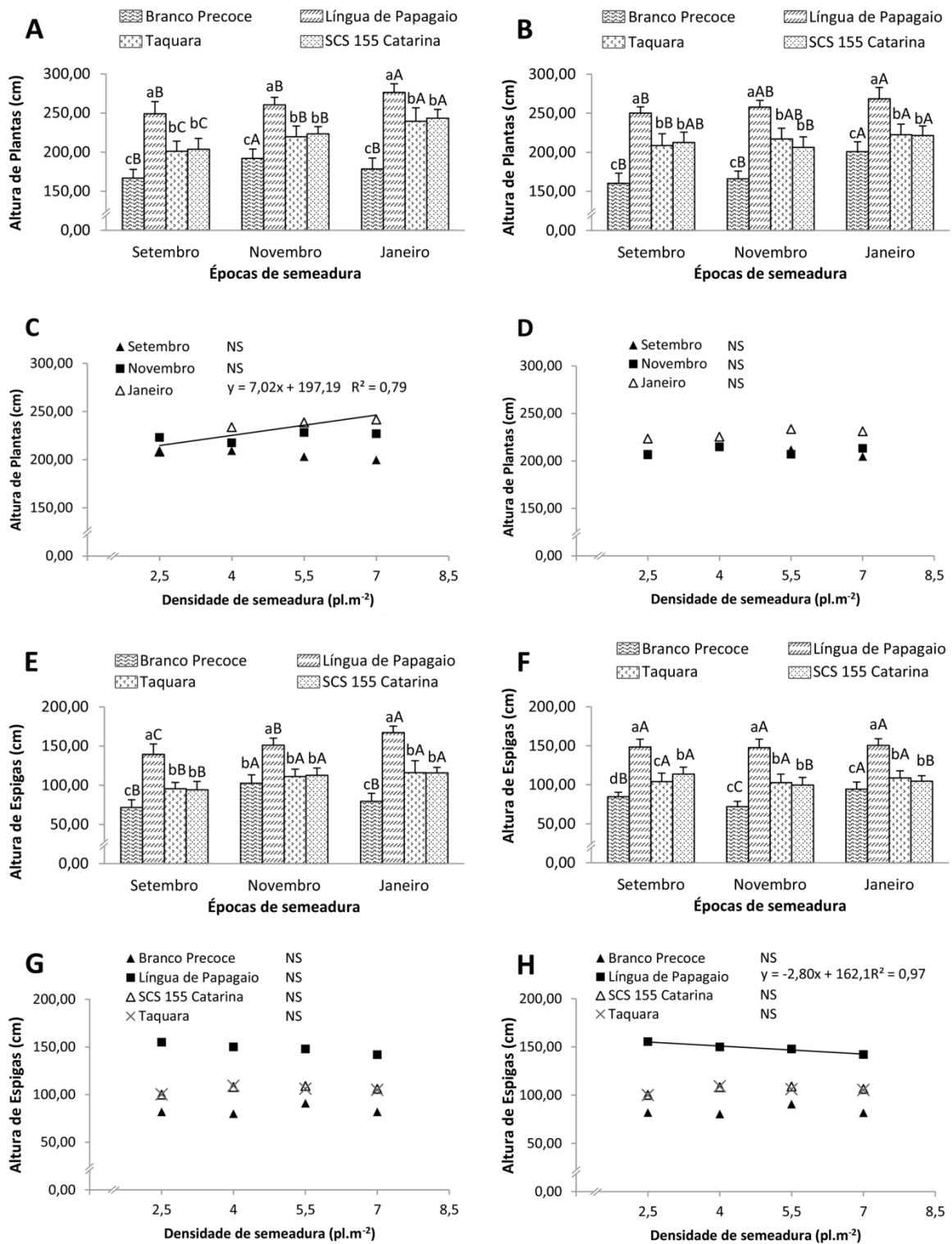
No entanto, a época de semeadura afetou a fenologia dos genótipos testados. Por exemplo, para Língua de Papagaio, quanto mais tarde foi a semeadura, menor foi o número de dias entre a semeadura e o florescimento masculino (Figura 2 A, B) e feminino (Figura 2 C, D). Já, os demais genótipos apresentaram comportamento similar quanto semeados em

novembro e janeiro. Os resultados do presente trabalho concordam com aqueles obtidos anteriormente por BERGAMASCHI (2006), pois a disponibilidade térmica tem influência direta sobre o desenvolvimento fenológico das plantas, de tal forma que locais ou períodos mais quentes determinam desenvolvimento mais rápido destas. Desta forma, em regiões ou mesmo épocas mais quentes, há maior precocidade no desenvolvimento.

No período de grãos leitoso, o genótipo Branco Precoce apresentou os menores valores de altura de plantas, enquanto o genótipo Língua de Papagaio, os maiores valores (Figura 3 A, B). Estes resultados indicam a existência de variabilidade genética nas variedades avaliadas para essa característica. Alta variabilidade genética na altura de plantas também foi revelado em outro estudo com variedades crioulas de milho e comerciais (FALCÃO *et al.*, 2017).

A altura de plantas também é afetada pela interação genótipo X época, que no presente estudo foi significativa. Os genótipos Língua de Papagaio, Taquara e SCS 155 Catarina apresentaram maior altura quando semeadas em janeiro, diferenciando-se significativamente da semeadura de setembro (Figura 3 A, B). Já o genótipo Branco Precoce seguiu padrão similar, mas somente no ano agrícola 2017/2018 (Figura 3 B). Nas semeaduras realizadas antes de meados de setembro, as temperaturas do ar e do solo e a disponibilidade de radiação solar são menores, o que resulta em plantas mais baixas, com menor área foliar (PIANA *et al.*, 2008). Efeito significativo da época de semeadura sobre a altura de plantas também foi encontrado anteriormente por CARON *et al.* (2017) que atribuíram a diminuição da altura de plantas ao encurtamento do ciclo dos genótipos em determinada época de semeadura.

Figura 3 – Altura de plantas (A, B, C, D) e Altura de espiga (E, F, G, H) de genótipos de variedades crioulas de milho em sistema de base agroecológica submetidos a diferentes épocas e densidades de semeadura nos anos agrícolas 2016/2017(A, C, E, G) e 2017/2018(B, D, F, H). Chapecó, SC. Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas, em cada época, e maiúsculas, em cada genótipo, não diferem pelo teste de Tukey (P<0,05).



Fonte: Autor (2020)



Com relação à densidade, apenas na semeadura de janeiro do ano agrícola 2016/2017 houve aumento linear da altura de plantas na medida em que se aumentou a densidade de semeadura (Figura 3 C). Nas demais épocas e ano agrícola não houve efeito da densidade sobre a altura de plantas (Figura 3 C, D). Esse resultado corrobora com o encontrado por BALBINOT *et al.* (2007), quando avaliaram variedades de polinização aberta de milho em quatro densidades de semeadura e não encontraram efeito significativo da densidade sobre a altura de plantas. Igualmente, os resultados do presente trabalho foram similares ao trabalho que foi realizado por PAIVA *et al.* (2015), realizado com o objetivo de avaliar o desempenho das variedades crioulas de milho utilizando diferentes densidades de semeadura no sertão paraibano.

Quanto à altura da espiga, houve diferença significativa entre os genótipos em todas as épocas de semeadura sendo que Língua de Papagaio apresentou maiores médias e, Branco Precoce as menores para essa característica (Figura 3 E, F). Os genótipos apresentaram comportamento diferenciado para altura de espiga nas diferentes épocas de semeadura, sendo que em setembro do ano agrícola 2016/2017 (Figura 3 E) três genótipos apresentaram menor altura de espiga em relação às semeaduras realizadas em novembro e janeiro. Essa interação época X genótipo também foi constatada em estudos realizados por UATE *et al.* (2015).

O Genótipo Língua de Papagaio apresentou no ano agrícola 2017/2018 (Figura 3 H) uma diminuição linear das médias de altura de espigas a medida que se aumenta a densidade de semeadura. Já os demais genótipos não foram influenciados pela densidade de semeadura (Figura 3 G, H), o que concorda com resultados obtidos por PAIVA *et al.* (2015), que não verificaram influência da densidade sobre a altura da inserção da espiga nas variedades testadas.

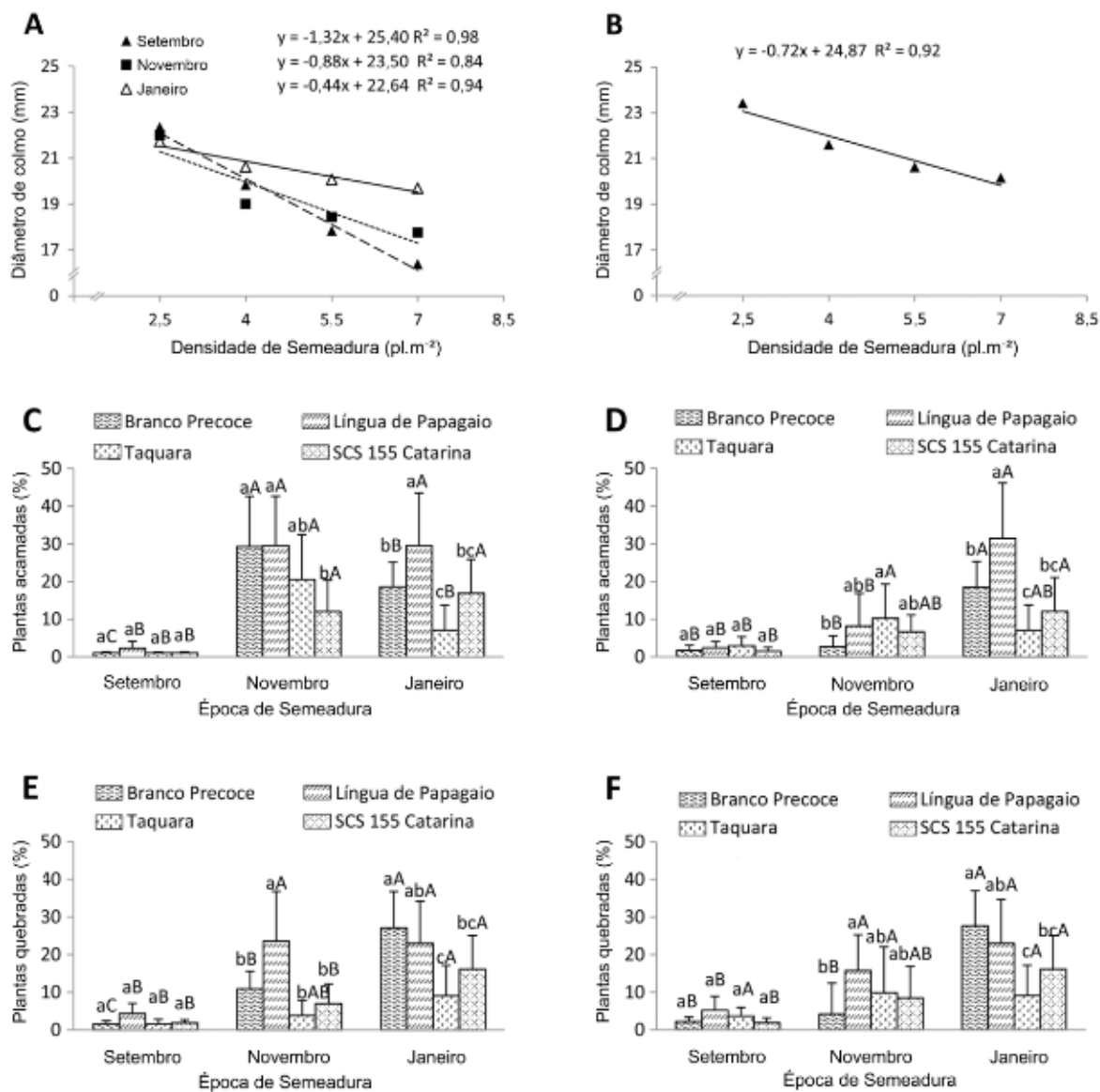
No presente estudo foi detectado efeito significativo da interação épocas x densidade também para diâmetro do colmo no ano agrícola 2016/2017 (Figura 4 A). Nos dois anos agrícolas houve efeito linear no decréscimo do diâmetro de colmo à medida que aumentou a densidade de plantas (Figura 4 A, B), resultados que são similares aos obtidos por BALBINOT *et al.* (2007) e PAIVA *et al.* (2015) quando avaliaram variedades de polinização aberta de milho.

As quatro variedades usadas no presente estudo não se diferenciaram, pois apresentaram níveis satisfatórios de plantas acamadas (abaixo de 3%) nas semeaduras de setembro. O contrário ocorreu nas semeaduras tardias, quando houve comportamento

diferenciado entre os genótipos, sendo que percentual de plantas acamadas aumentou significativamente (Figura 4 C, D).

A interação épocas x genótipos também atingiu a percentagem de plantas quebradas, cujas médias das variedades testadas apresentaram comportamentos diferentes de acordo com a época de semeadura. Todas as quatro variedades avaliadas apresentaram menor percentagem de plantas acamadas quando semeadas no mês de setembro, quando comparadas com as demais épocas de semeadura. No entanto, as variedades Língua de Papagaio e Branco Precoce apresentaram aumento significativo nas semeaduras de novembro e janeiro, enquanto o genótipo SCS 155 Catarina apresentou baixa percentagem de plantas quebradas nas semeaduras de setembro e novembro, mas aumentando significativamente na semeadura de janeiro. O aumento de plantas quebradas e acamadas quando a semeadura é realizada tardiamente ocorre devido à redução do subperíodo emergência-pendoamento, ao menor acúmulo de reservas no colmo e ao precário desenvolvimento do sistema radicular (SERPA *et al.*, 2012). Considerando a ausência de diferença significativa na percentagem de plantas quebradas, entre as épocas de semeadura no ano agrícola 2017/2018, o genótipo Taquara pode conter base genética que contribui para a resistência de colmo em condições em semeaduras tardias (Figura 4 E, F). Desta forma, em termos de plantas quebradas e acamadas, antes do cultivo comercial, é necessário que sejam realizados os estudos com as variedades crioulas desejadas, pois elas se comportam diferente em distintas épocas de plantio.

Figura 4 - Diâmetro do colmo (A, B), Plantas Acamadas (C, D) e Plantas Quebradas (E, F) de genótipos variedades crioulas de milho em sistema de base agroecológica submetidos a diferentes épocas e densidades de semeadura nos anos agrícolas 2016/2017 (A, C, E) e 2017/2018 (B, D, F). Chapecó, SC. Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas, em cada época, e maiúsculas, em cada genótipo, não diferem pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).



Fonte: Autor (2020)

Similarmente, a interação épocas x genótipos x densidade foi significativa para a característica produtividade de grãos. Os resultados do presente estudo indicaram que as épocas de semeadura que retornam maior produtividade de grãos são setembro e novembro, em que os genótipos apresentaram um comportamento quadrático para densidade de semeadura.

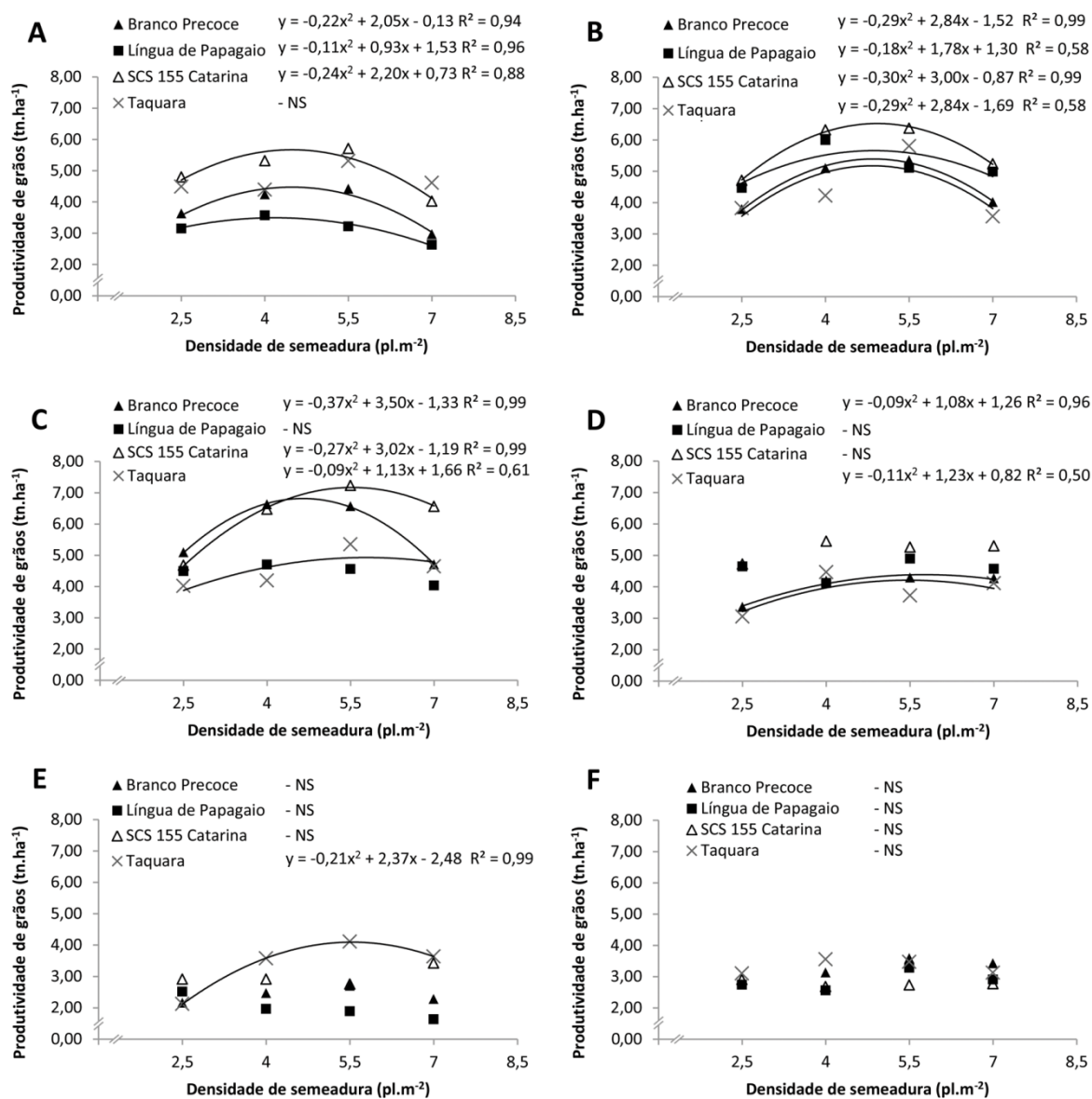
Efeito de época de semeadura também foi verificado por COSTA, R.V. da *et al.* (2017) que verificaram diminuição drástica da produtividade em semeaduras tardias. Já para

ALI *et al.* (2018), a data de semeadura é um dos postos-chave no manejo da cultura do milho para otimizar a produtividade, pois o mesmo apresenta resposta diferente para diferentes datas de semeadura. Em seus estudos os resultados mostraram que quando a semeadura de milho é realizada muito cedo e tarde demais tem um efeito negativo no rendimento de grãos.

O comportamento quadrático com o aumento da população de plantas  $\text{ha}^{-1}$  também é exibido por híbridos em função de densidades de plantas entre 25000 e 125000  $\text{pl.ha}^{-1}$  (SANGOI *et al.*, 2007 e PEREIRA *et al.*, 2009). Na época de setembro (Figura 5 A, B) o maior potencial de rendimento de grãos foi expresso quando semeados nas densidades de 45000 e 50000  $\text{pl.ha}^{-1}$  nos anos agrícolas 2016/2017 e 2017/2018 respectivamente. No primeiro ano agrícola, o genótipo Branco Precoce revelou valores similares nas semeaduras de setembro e de novembro (Figura 5 A, C); contudo Taquara e SCS 155 Catarina semeados em novembro do ano agrícola 2016/2017 (Figura 5 C), apresentaram maior produtividade de grãos quando semeados nas densidades de 55000 a 60000  $\text{pl.ha}^{-1}$  respectivamente, enquanto que a produtividade de grãos do Língua de Papagaio não sofreu efeito da densidade. No mês de novembro do ano agrícola 2017/2018 (Figura 5 D) apenas os genótipos Branco Precoce e Taquara apresentaram efeito da densidade de semeadura, apresentando maior potencial produtivo nas densidades de 55000 a 60000  $\text{pl.ha}^{-1}$  respectivamente.

Os resultados do presente estudo se assemelham com o estudo realizado por KANDIL (2014) que testou densidades de 53000; 64000 e 80000  $\text{pl.ha}^{-1}$  e verificou melhores médias de produtividade de híbridos na densidade intermediária. Também de BALBINOT *et al.* (2007) que concluíram que 45.000 a 55.000 plantas  $\text{ha}^{-1}$  foi a densidade que maximiza a produtividade de variedades de polinização aberta de milho em sistema agroecológico de produção.

Figura 5 – Produtividade de grãos de genótipos de variedades crioulas de milho em sistema de base agroecológica submetidos a diferentes densidades nas épocas de semeadura de setembro (A, B), novembro (C, D) e janeiro (E, F) nos anos agrícolas 2016/2017 (A, C, E) e 2017/2018 (B, D, F). Chapecó, SC.



Fonte: Autor (2020)

Contudo, SANGOI *et al* (2019) e KANDIL *et al* (2017) sugerem que estudos relacionados ao aumento da densidade de plantas de milho sejam conduzidos observando diferentes espaçamentos entre linhas uma vez que, em híbridos, o aumento da densidade acompanhado pela diminuição do espaçamento entre linhas proporciona maiores produtividades de grãos em razão da melhor distribuição de plantas que favorece a fotossíntese pelo aumento penetração da luz no dossel.

Nas sementeiras de janeiro (Figura 5 E, F) a baixa produtividade não permitiu discriminar os efeitos de densidade que não foram significativos. A falta de significância do efeito de densidade sobre os genótipos pode ser explicada também pelo aumento significativo da percentagem de plantas quebradas e acamadas (Figura 4 C, D, E, F) nos meses de novembro e janeiro.

## 5.6 CONCLUSÃO

Os genótipos das variedades testadas expressaram seu maior potencial de produtividade de grãos quando as sementeiras foram realizadas em setembro e novembro.

Os resultados mostraram também que é adequado realizar sementeiras em setembro uma vez que sementeiras tardias levam ao aumento significativo da percentagem de plantas quebradas e acamadas.

Na época de setembro os genótipos de variedades crioulas de milho avaliados em sistema de base agroecológica expressaram maior potencial de produtividade de grãos na faixa de densidade de 45000 a 50000 pl.ha<sup>-1</sup>.

## 5.7 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Cooperativa Oestebio e Movimento dos Pequenos Agricultores pela parceria nos experimentos a campo e pelo apoio financeiro recebido do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) (Finance code 001).

## **CAPÍTULO 2**

### **6 MANEJO DE VARIEDADES LOCAIS DE MILHO, PARA EVITAR CONTAMINAÇÃO TRANSGÊNICA, DIMINUI O RENDIMENTO E A QUALIDADE DA SEMENTE<sup>4</sup>**

#### **6.1 RESUMO**

Disponibilizar sementes de alta qualidade para a agricultura de base agroecológica é uma necessidade para o setor pela diversidade de ambientes e manejo que será exposta. A época de semeadura e a densidade populacional também influenciam a qualidade das sementes produzidas por genótipos crioulos. O objetivo neste trabalho foi determinar a germinação, vigor e sanidade de sementes de genótipos de milho cultivados em sistema de base agroecológica em diferentes épocas e densidades de semeadura. O ensaio foi conduzido em parcelas sub-sub-divididas, a parcela principal foi representada pela época, a sub-parcela pelo genótipo e a sub-sub-parcela pela densidade, com três repetições, nas safras 2016/2017 e 2017/2018. A qualidade fisiológica foi avaliada pelo teste de germinação e vigor por envelhecimento acelerado e a qualidade sanitária pelo exame visual das sementes. Este estudo foi o primeiro a avaliar qualidade de sementes de genótipos crioulos de milho semeados em diferentes épocas e densidades de semeadura em sistemas de base agroecológico. Os resultados demonstraram efeito simples significativo de genótipo, época e densidade de semeadura e interação dupla e tripla para todas as variáveis avaliadas. O estudo revelou que a época mais adequada para semeadura dos genótipos crioulos de milho em sistema de base agroecológica, para o Oeste de Santa Catarina é setembro, nesta época as sementes apresentam maior percentual de germinação e vigor e menor incidência de patógenos. Nessa época a densidade de 55.000 pl.ha-1 apresentou o melhor resultado para germinação com média de 91%, ficando o vigor com 79%. Testamos a semeadura tardia para evitar o fluxo gênico de variedades transgênicas que costumam ser semeadas em setembro, mas os resultados apontaram penalidades, como diminuição da produtividade e da qualidade das sementes. Por fim, o presente estudo foi o primeiro a avaliar a qualidade das sementes de variedades tradicionais de milho semeadas em diferentes épocas e densidades em um sistema agroecológico.

---

<sup>44</sup>O artigo “Maize landraces management, to avoid transgenic contamination, decreases yield and seed quality”, que aborda o conteúdo deste capítulo, foi submetido para publicação na Revista Bragantia.

**Palavras chave:** *Zea mays ssp mays* L., germinação, vigor, sanidade, contaminação por transgenes

## 6.2 ABSTRACT

Producing high-quality seeds for agroecological agriculture is needed because the plants will be exposed to a diversity of environments and management practices. Sowing times and population densities influence the quality of seeds produced by *landraces*. Further, seeds for agroecological cultivation must not be contaminated by transgenes. Thus, the objective of this work was to determine the germination rate, vigor and sanitary quality of seeds of maize genotypes cultivated in an agroecological system at different sowing times and densities. A split-split-plot design was used, in the 2016/2017 and 2017/2018 growing seasons. The physiological quality evaluation was based on germination and vigor tests, and the sanitary quality was obtained by visually examining the seeds. The results showed a significant simple effect of genotype, sowing time and density, as well as double and triple interactions among factors for all evaluated traits. The most suitable time for sowing the corn *landraces* evaluated in an agroecological system in western Santa Catarina is September, when the seeds exhibited the highest percentage of germination and vigor and there was a lower incidence of pathogens. At this time, a density of 55,000 pl.ha<sup>-1</sup> had the best result for germination. We tested late sowing to avoid gene flow from transgenic varieties that usually are sown in September, but the results indicated penalties, such as a decrease in yield and quality of the seeds. Finally, the present study was the first to assess the seed quality of maize *landraces* sown at different times and densities in an agroecological system.

**Key words:** *Zea mays ssp mays* L., germination, vigor, temporal isolation, genetically modified organism





### 6.3 INTRODUÇÃO

O Brasil é tanto um país megadiverso como também um grande produtor de alimentos. Parte dos alimentos produzidos são de base orgânica ou agroecológica. Existem aproximadamente 17 mil propriedades orgânicas certificadas, em sua maioria pequenos produtores que abrangem cerca de um milhão de hectares cultivados (SEBRAE, 2018). Contudo ainda não há comercialização de sementes orgânicas suficientes para atender o mercado consumidor. Nesse cenário as variedades crioulas passam a ter importância, pois além de permitir a produção própria de sementes, favorecem a transição agroecológica por serem mais adaptadas aos agroecossistemas e possuir maior resiliência.

Porém, ainda não há sementes orgânicas suficientes para atender a demanda dos produtores de sementes e também dos agricultores, uma vez que toda a cadeia alimentar, particularmente a orgânica ou agroecológica, requer o uso apenas de componentes orgânicos. Nesse cenário, as variedades tradicionais tornam-se importantes fontes de sementes, pois estão bem adaptadas aos agroecossistemas orgânicos e agroecológicos favorecendo a adoção de práticas sustentáveis. Além disso, o uso de variedades tradicionais permite a própria produção de sementes e favorece a transição do sistema convencional para o orgânico e agroecológico (Figura 1). Por fim, permitem aos consumidores exercer o direito de escolha entre milho e derivados transgênicos versus não transgênicos.

Figura 1 - Agricultor Normelio Triaca do oeste de Santa Catarina, Brasil, mostrando a diversidade de variedades locais de milho conservadas em sua propriedade.



Fonte: Autor (2020)

O cultivo de milho em sistema orgânico ou de base agroecológica vem sendo estudado por alguns pesquisadores. Os princípios agroecológicos como diversificação de culturas, variedades heterogêneas, manejo orgânico do solo e conservação de água, entre outros, reduzem a vulnerabilidade aos efeitos das mudanças climáticas (ALTIERI *et al.*, 2015). A viabilidade da produção de milho em sistemas de base agroecológica foi observada por Araujo *et al.* (2013). Os autores afirmam que é possível maximizar a produção em lavouras adubadas organicamente. Embora a maior parte da área cultivada com milho seja de variedades híbridas, as variedades crioulas, locais ou tradicionais podem produzir em sistemas orgânicos mais de 7,0 toneladas por hectare (BALBINOT *et al.*, 2005; MACHADO *et al.*, 2011). Além disso, é possível obter sementes próprias com padrão de qualidade física e fisiológica legalmente exigidas, as quais podem ser reaproveitadas (MARTIN *et al.*, 2018).

No sistema agrícola agroecológico, em vez de variedades altamente homogêneas, os agricultores usam variedades tradicionais ou locais, que são compostas por genótipos heterogêneos (ZEVEN, 1998). Especificamente, nos municípios de Anchieta e Guaraciaba, localizados no oeste catarinense, foram encontrados em 2.049 pequenas propriedades 1.513 populações de variedades locais de milho, compreendendo 1.078 de pipoca, 337 de milho comum, 61 variedades de milho doce e 37 de tipo farinha (COSTA *et al.*, 2017). Com base na quantidade de diversidade de milho junto com 136 populações de parentes selvagens de *Zea* e tipos únicos, os autores indicaram essa região como um microcentro de *Zea mays* L. Pequenos agricultores em todo o país continuamente salvam, reutilizam e trocam sementes de raças nativas com vizinhos, o que favorece diversidade genética e conservação *in situ on farm*.

No entanto, o isolamento dos campos de produção é um dos fatores determinantes para a produção de sementes de milho de qualidade (MARTIN, 2007). Por ser uma espécie de polinização aberta, o fluxo gênico entre variedades de milho ocorre de duas maneiras: uma via fecundação cruzada e outra por mistura de sementes. Por exemplo, a Instrução Normativa nº 45 do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento – MAPA, estabelece que o isolamento mínimo no espaço seja de 200 metros, ou, alternativamente, isolamento temporal mínimo de 30 dias entre florescimentos dos campos (BRASIL, 2013). No entanto, as normas legais brasileiras, além de não mencionar a mistura de sementes, estabeleceram distância entre cultivos de variedades transgênicas e não transgênicas (ex: variedades crioulas, locais ou tradicionais) que minimizam, mas não evitam a fecundação cruzada.

Estudos anteriores no município de Anchieta (SC) revelou que a proporção de áreas com variedades transgênicas (n = 309) estabelecidas entre 0 a 100 m distantes de áreas cultivadas com outras variedades (n = 1999) foi de 46,03%, 47,62%, 37,92% e 33,82%, respectivamente, áreas com variedades não transgênicas, milho doce, milho pipoca e variedades de milho crioulas ou tradicionais (COSTA, 2013). No geral, a autora identificou 17,5% dos campos de milho não transgênicos distantes mais de 500 m dos campos de milho com variedades transgênicas.

Portanto, como a produção orgânica ou agroecológica geralmente ocorre em pequenas propriedades, o isolamento espacial é impraticável para evitar a contaminação pelos transgenes. Neste cenário o isolamento temporal assume importante papel, porém, a época inadequada de semeadura pode afetar negativamente a produtividade (AMORIM *et al.*, 2011,

KANDIL *et al.*, 2012), a composição (JAUREGUY *et al.*, 2013) e a qualidade fisiológica de sementes (RAHMAN *et al.*, 2013, BORNHOFEN, *et al.*, 2015).

Resta, então, testar se o isolamento temporal interferirá no rendimento e na qualidade das sementes em uma região de grande abrangência. Assim, estudos sobre época de semeadura para cada condição específica de ambiente e sistema de cultivo, considerando a variabilidade de condições ambientais (AMORIM *et al.*, 2011, MEOTTI *et al.*, 2012), são importantes. Estudos que avaliem a produção de sementes de milho em sistemas de produção agroecológica, considerando diferentes épocas de semeadura e arranjos populacionais são escassos. Mesmo dentro do zoneamento há grande variação de condições fotoperiódicas, de radiação solar e de temperatura, as quais exercem influência sobre os componentes de rendimento e atributos qualitativos de sementes (BORNHOFEN, *et al.*, 2015).

Neste contexto, a época de semeadura e a densidade populacional também influenciam a qualidade das sementes produzidas por genótipos crioulos. Assim, o objetivo neste trabalho foi avaliar a germinação, vigor e atributos sanitários de sementes milho cultivadas em sistemas de base agroecológica em diferentes épocas e densidades de semeadura, desenhadas para evitar a contaminação transgênica e compensar a diminuição putativa do rendimento e da qualidade das sementes.

#### 6.4 MATERIAL E MÉTODOS

Os campos de produção de sementes foram instalados em Chapecó, Santa Catarina, Brasil, (27°03'21" S e 52°40'07" O), em uma unidade de produção familiar. O experimento foi conduzido em parcelas sub-sub-divididas com três repetições. A parcela principal foi representada pela época, a sub-parcela pelo genótipo e a sub-sub-parcela pela densidade de semeadura. Os experimentos foram instalados na primeira quinzena do mês de setembro (época 1), na primeira quinzena de novembro (época 2) e primeira quinzena do mês de janeiro (época 3) nas safras 2016/2017 e 2017/2018, respectivamente. As densidades de semeadura utilizadas foram de 2,5; 4,0; 5,5 e 7,0 plantas/m<sup>-1</sup>. Foram utilizados três genótipos crioulos (Branco Precoce, Taquara e Língua de Papagaio) cultivados pelos agricultores da região e uma variedade de polinização aberta (SCS 155 Catarina), indicada para a região de cultivo.

A colheita dos experimentos foi realizada na primeira quinzena de janeiro (época 1), meados de março (época 2) e primeira quinzena de junho (época 3) para cada safra, quando as

sementes alcançaram umidade de 20%. As sementes produzidas em cada parcela foram colhidas manualmente, debulhadas e as sementes foram secas à sombra até atingirem aproximadamente 13% de umidade. Uma amostra média de 1000 g de cada tratamento foi homogeneizada e dividida para a obtenção de 4 repetições de 250 g (Coelho *et al.*, 2010), que foram utilizadas nas avaliações da qualidade fisiológica e sanitária.

*Teste de germinação (TG)*: foram utilizadas 50 sementes por repetição, dispostas sobre folhas de papel germitest como substrato. Essas folhas foram previamente umedecidas com água destilada, na quantidade de duas vezes e meia o peso do papel seco. Após a semeadura, os rolos de papel foram colocados em germinador tipo Magensdorf à temperatura de 25 °C. A primeira contagem foi realizada no 4º dia e a contagem final aos 7 dias (BRASIL, 2009).

*Envelhecimento acelerado (EA)*: 50 sementes por repetição foram colocadas para envelhecer em caixa plástica, tipo gerbox, contendo 40 ml de água destilada no fundo, sobre uma tela de aço inoxidável as sementes foram distribuídas numa única e uniforme camada. As caixas foram mantidas em câmara de envelhecimento a 45°C pelo período de 72 horas, conforme Marcos Filho (2005). Após o período de envelhecimento as sementes foram colocadas para germinar, após quatro dias foi realizada a avaliação das plântulas normais conforme o descrito nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

*Teste de sanidade*: as sementes de cada repetição foram examinadas visualmente e as que apresentavam sintomas/sinais típicos de agentes patogênicos, como *Fusarium* sp., *Stenocarpella maydis* e *S. macrospora*, foram separadas e contabilizadas (BRASIL, 2009). Os resultados foram expressos em percentual.

*Dados meteorológicos* - As médias mensais de precipitação, radiação e temperaturas de 1 de janeiro de 2008 a 31 de dezembro de 2018 foram obtidas na Foz do Chapecó Energia AS. Além dos mesmos dados especificamente de 1 de setembro de 2016 a 31 de maio de 2018, como temperaturas mínimas médias e máximas médias foram obtidas na estação meteorológica automatizada (27 ° 05'24"S; 52 ° 38'05"W), localizada na Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina, Chapecó, SC, Brasil (<http://ciram.epagri.sc.gov.br/>), distante 5 km do ensaio experimental. Os dados meteorológicos foram usados para discutir os resultados obtidos.

As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o programa estatístico R (R Core Team, 2016). Os dados TG e EA foram transformados usando  $\sqrt{x} / 100$  para

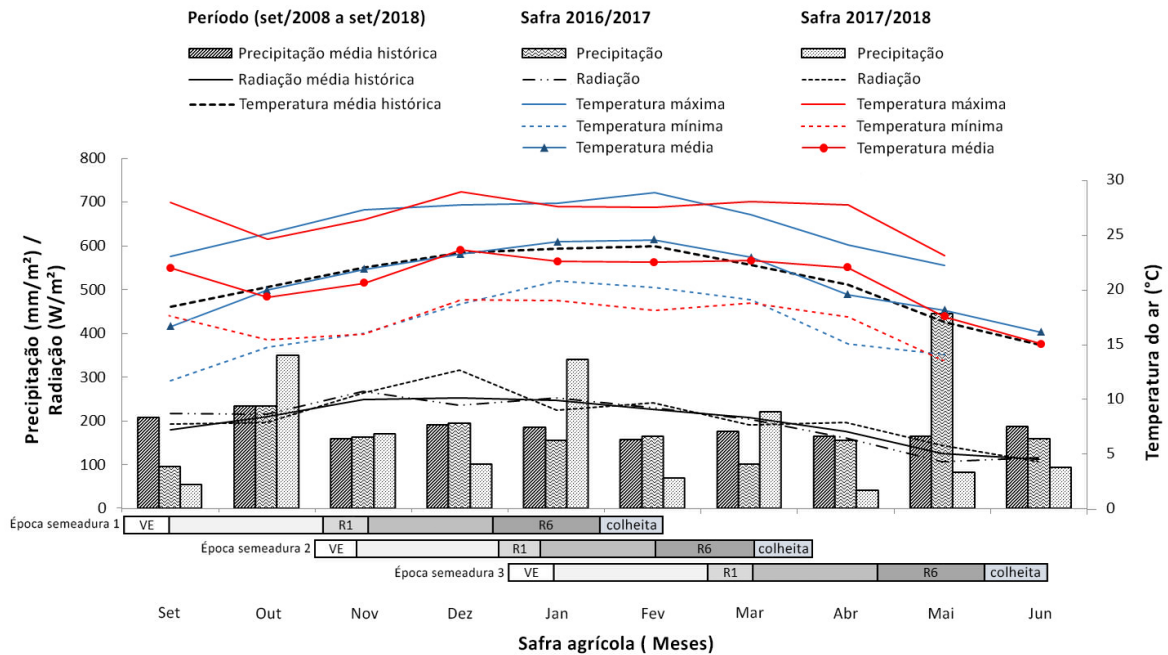
atender aos pressupostos teóricos do Teste F (normalidade e homogeneidade). Os dados foram submetidos à análise de variância conjunta e quando detectado diferença significativa pelo teste F, suas médias foram comparadas pelo teste Tukey ao nível de significância de 5%.

## 6.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância indicou que houve uma interação tripla significativa entre épocas de semeadura x genótipos x densidades para todas as variáveis avaliadas. Como os experimentos de campo foram realizados em duas safras sucessivas, os dados meteorológicos podem contribuir para explicar os resultados obtidos.

Durante o ciclo do milho em condições experimentais, a precipitação acumulada variou de acordo com as épocas de colheita e semeadura. No primeiro ano a precipitação acumulada atingiu 843, 780 e 1022 mm, e no segundo ano, 1019, 903 e 755 mm, nas épocas de semeadura de setembro, novembro e janeiro, respectivamente (Figura 2). Os valores de precipitação podem ser considerados adequados para a cultura do milho, apesar da distribuição irregular, principalmente na terceira época de semeadura (janeiro) da safra 2016/2017.

Figura 2 - Condições climáticas na unidade experimental. Média mensal de precipitação ( $\text{mm}/\text{m}^2$ ; colunas), radiação ( $\text{W}/\text{m}^2$ ; linhas pretas) e temperaturas ( $^{\circ}\text{C}$ ; azul, vermelho e preto tracejada) de 2008 a 2018, 1 de setembro de 2016 a 30 de junho de 2017 e 1 de setembro, 2017 a 31 de maio de 2018. Os dados meteorológicos históricos foram obtidos da Foz do Chapecó Energia SA e especificamente as temperaturas mínimas médias e máximas médias, de 1º de setembro de 2016 a 31 de maio de 2018, foram obtidas da estação meteorológica automatizada  $27^{\circ}05'24''\text{S}$ ;  $52^{\circ}38'05''\text{W}$ , localizado na Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina, Chapecó, SC, Brasil (<http://ciram.epagri.sc.gov.br>). As barras horizontais indicam as épocas de semeadura e os principais estágios fenológicos do milho (Ransom e Endres, 2020): VE = Emergência, R1 = Espigamento e Florescimento, e R6 = Maturidade Fisiológica.



Fonte: Autor (2020)

Esses valores de precipitação são suficientes para a obtenção de boas produções de milho, apesar da distribuição das chuvas não ter sido uniforme. Vale ressaltar que, durante todo o experimento da primeira e segunda época de semeadura, as temperaturas médias estiveram acima de  $20^{\circ}\text{C}$ , valor acima do mínimo necessário para o bom desenvolvimento da planta de milho (Figura 2). Para a terceira época, a temperatura média oscilou, apresentando valores inferiores a  $20^{\circ}\text{C}$  no final do ciclo da cultura (a partir de abril).

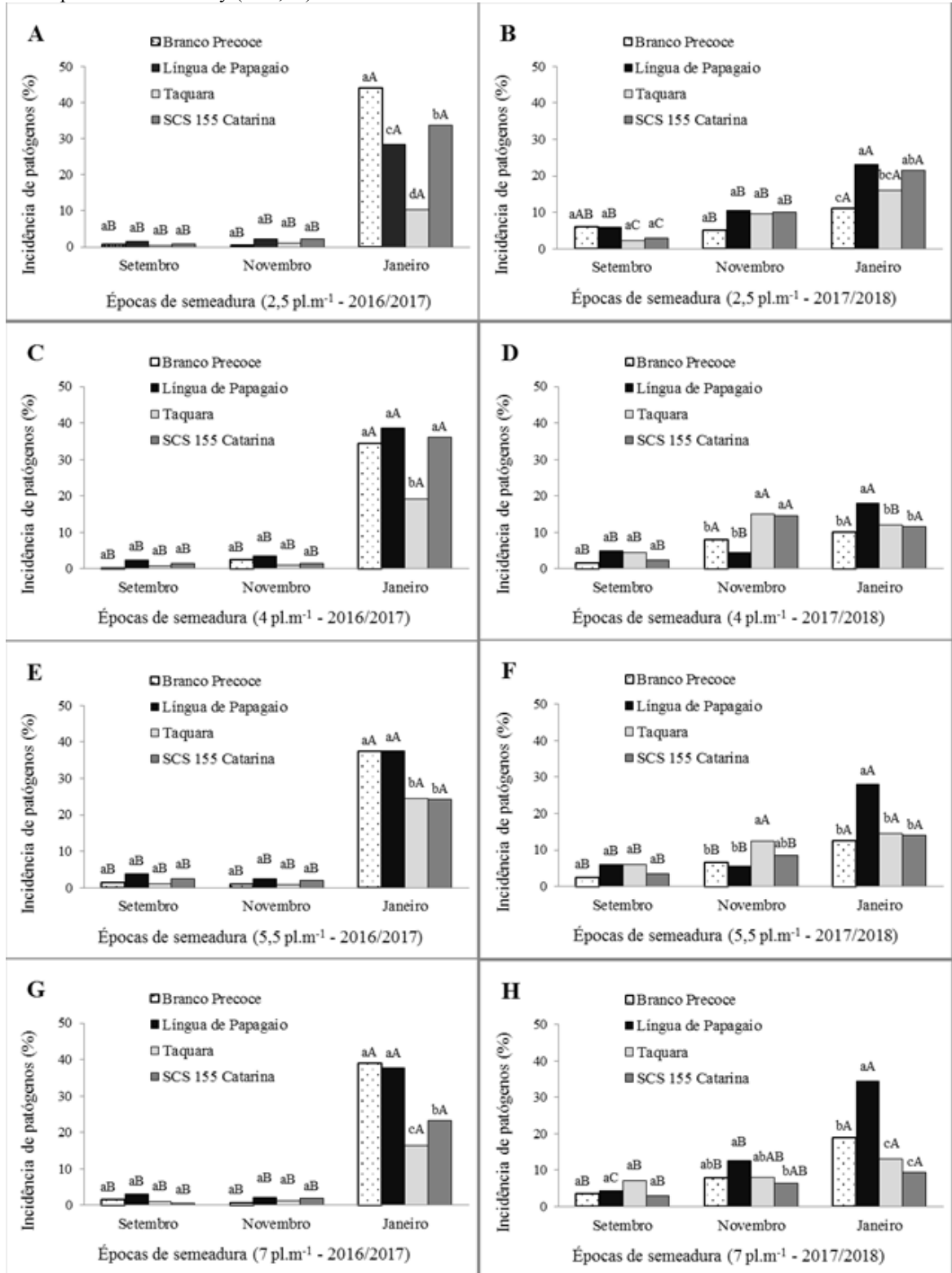
A avaliação do atributo sanitário, considerando época de semeadura, indica que a semeadura de setembro e novembro são as épocas que apresentaram menor incidência de patógenos, na safra 2016/2017 (Figura 3 A, C, E, G) independente do genótipo e da densidade de semeadura. Os resultados observados na primeira safra, se repetiram na safra 2017/2018 (Figura 3 B, D, F, H), para a semeadura em setembro, com genótipos apresentando menor incidência de patógenos. No entanto, para semeadura em novembro, a incidência de



patógenos nos genótipos variou de acordo com a densidade de semeadura. O maior adensamento causou maior incidência de patógenos nas sementes. A maior incidência de patógenos foi observada quando a semeadura foi realizada em janeiro, independente da safra e da densidade de semeadura. Os resultados indicam que a semeadura tardia favorece o desenvolvimento de patógenos, afetando negativamente a qualidade sanitária das sementes produzidas. Resultados semelhantes foram encontrados por Coelho *et al.* (2019), em estudos com milho híbrido super precoce, em que o retardamento da semeadura do início para o final da primavera e o cultivo de milho em monocultura, aumentam, com ação sinérgica, a incidência de patógenos do milho.

Nas combinações de época e genótipos, quando a semeadura foi realizada em novembro (2017/2018), nas densidades de 4 e 5,5 pl.m<sup>-1</sup> foram as que apresentaram menor incidência de patógenos para o genótipo Língua de Papagaio (4,50% e 5,50%, respectivamente), diferente das médias do genótipo Taquara (15,0% e 12,50%, respectivamente) e SCS 155 Catarina (14,50% e 8,50%), que obtiveram as maiores incidências nestas densidades de semeadura. Os principais patógenos associados à sementes de milho, responsáveis pelo dano físico (descoloração das sementes, redução nos conteúdos de carboidratos, de proteínas e de açúcares totais) são *Stenocarpela* spp., *Fusarium* spp., *Gibberella zeae*, e, no campo, há contaminação por fungos do gênero *Penicillium* spp. e *Aspergillus* spp. (MENDES *et al.*, 2011; ALVES *et al.*, 2013).

Figura 3 – Sanidade de sementes de genótipos de milho em sistema de base agroecológica submetidos a diferentes épocas (setembro, novembro e janeiro) e densidades de semeadura de 2,5 pl.m<sup>-1</sup> (A, B), 4 pl.m<sup>-1</sup> (C, D), 5,5 pl.m<sup>-1</sup> (E, F) e 7 pl.m<sup>-1</sup> (G, H) nas safras 2016/2017 (A, C, E, G) e 2017/2018 (B, D, F, H) em Chapecó, SC. Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas, em cada época, e maiúsculas, em cada genótipo, não diferem pelo teste de Tukey (P<0,05).



Fonte: Autor (2020)

Em estudo realizado com os mesmos genótipos e condições ambientais, Munarini e Nodari (2021) verificaram que quanto mais tardia a sementeira, maior a porcentagem de plantas acamadas e quebradas. Segundo esses autores, se forem considerados a soma dessas duas características, o percentual de 4,6% na sementeira realizada em setembro, passou para 25,36% na sementeira em novembro e para 36,52% na sementeira em janeiro. As plantas acamadas e quebradas estão associadas à ocorrência de podridões que podem ser agravadas com a sementeira tardia, devido ao menor fornecimento de radiação e melhores condições agroclimáticas para infecção dos fungos causadores deste problema (SANGOI *et al.*, 2010).

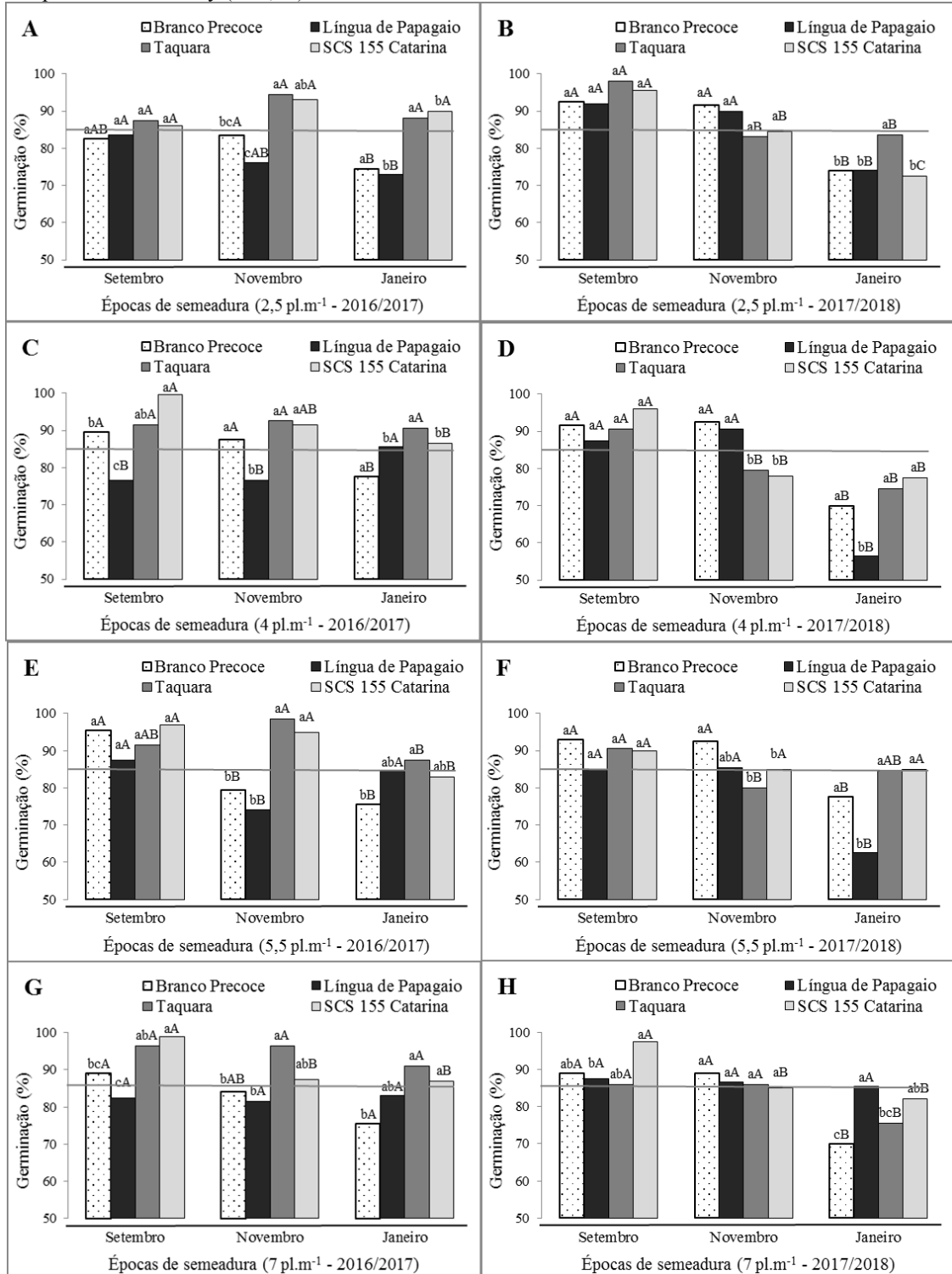
Para a germinação de sementes, na sementeira de setembro e novembro, observou-se os maiores percentuais de germinação, 91% e 87%, respectivamente, em relação à sementeira em janeiro (79%) em ambas as safras analisadas (Figura 4). A menor variação dos percentuais de germinação entre os genótipos foi observada quando a sementeira foi realizada em setembro.

Ocorreu redução do percentual de germinação das sementes, independente da densidade de sementeira utilizada, a partir da segunda época de sementeira. Esse resultado pode estar associado ao maior período de exposição à fatores ambientais até que as sementes atingirem umidade adequada para colheita (20%). Noal *et al* (2014) estudaram o ponto de colheita de sementes de milho crioulo e verificaram que a umidade ideal de colheita para sementes destes genótipos varia de 20% a 30%, faixa de umidade em que os autores do estudo observaram os maiores percentuais de germinação e vigor. No presente estudo, quando a sementeira foi realizada em janeiro, a cultura ficou exposta a dias mais curtos e chuvosos, reduzindo o percentual de germinação das sementes. Estes resultados indicam que para os genótipos estudados, a época ideal de sementeira para obtenção de maiores percentuais de germinação, ocorre no início do período indicado para o cultivo da espécie pelo zoneamento. Além disso, a sementeira em janeiro proporciona um maior ataque de doenças, comparativamente as duas anteriores e, por isso, não é indicada para a obtenção de sementes de qualidade.

Os genótipos diferiram quanto ao percentual de germinação, demonstrando que houve variabilidade entre os genótipos (Figura 4). O desempenho dos genótipos quando a sementeira foi realizada em setembro foi semelhante nas duas safras. A cultivar SCS 155 Catarina, obteve germinação média de 95% em ambas as safras. Para esta mesma época de sementeira,

o genótipo Taquara obteve 92% e Branco Precoce 90% de germinação nas duas safras avaliadas. O menor desempenho foi observado no genótipo Língua de Papagaio que obteve germinação média de 85% nas duas safras. Na segunda época de semeadura, observou-se que os percentuais de germinação foram distintos entre os genótipos em relação às safras avaliadas. O genótipo Língua de papagaio manteve-se com o menor desempenho, apresentando em média 77% de germinação na primeira safra, porém na segunda safra (2017/2018), seu desempenho foi superior em relação ao Taquara e ao SCS 155 Catarina. As variações de desempenho dos genótipos em cada safra também foram observadas quando a semeadura foi realizada em janeiro, reafirmando a existência de diversidade entre os genótipos.

Figura 4 – Percentual de germinação de genótipos de milho em sistema de base agroecológica submetidos a diferentes épocas (setembro, novembro e janeiro) e densidades de sementeira de 2,5 pl.m<sup>-1</sup> (A, B), 4 pl.m<sup>-1</sup> (C, D), 5,5 pl.m<sup>-1</sup> (E, F) e 7 pl.m<sup>-1</sup> (G, H) nas safras 2016/2017 (A, C, E, G) e 2017/2018 (B, D, F, H) em Chapecó, SC. Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas, em cada época, e maiúsculas, em cada genótipo, não diferem pelo teste de Tukey (P<0,05).



Fonte: Autor (2020)

A variabilidade entre os genótipos foi verificada por Queiroz *et al.* (2019), os autores avaliaram variedades crioulas para uso em programas de melhoramento genético e observaram que existem diferenças entre os genótipos para o percentual de germinação. A diferença entre genótipos também foi observada por Nerling *et al.* (2013), em trabalho com cruzamentos intervarietais de milho, onde verificaram que existe diversidade genética para qualidade fisiológica de sementes. Por outro lado, Martin *et al.* (2018) avaliando sementes de variedade milho e híbridas produzidas em sistemas orgânicos, verificaram que todas as cultivares obtiveram percentuais de germinação superiores a 95%, porém, não houve diferença entre os genótipos.

O efeito de densidade de semeadura variou de acordo com a safra de cultivo. Considerando a melhor época de semeadura (setembro), na safra 2016/2017, os maiores percentuais de germinação foram observados na densidade de 5,5 pl.m<sup>-1</sup>, para os genótipos Branco precoce e Língua de papagaio. Os genótipos Taquara e SCS 155 Catarina, mantiveram o percentual de germinação mesmo na densidade de 7 pl.m<sup>-1</sup>. Na a safra 2017/2018, os genótipos Branco precoce, Língua de papagaio e Taquara apresentaram redução no percentual de germinação a medida que a densidade populacional aumentou. O genótipo SCS 155 Catarina não foi afetado pelo adensamento, isto pode estar associado à seleção proporcionada pelo melhoramento genético a que a cultivar foi submetida. Estes resultados sugerem ainda que os genótipos crioulos não toleram o cultivo adensado, especialmente em semeadura tardia. Essa característica depende de práticas de manejo de pequenos produtores, onde não se utiliza alta densidade de semeadura para a produção de grãos, principalmente, em sistemas de policultivos agroecológicos ou orgânicos.

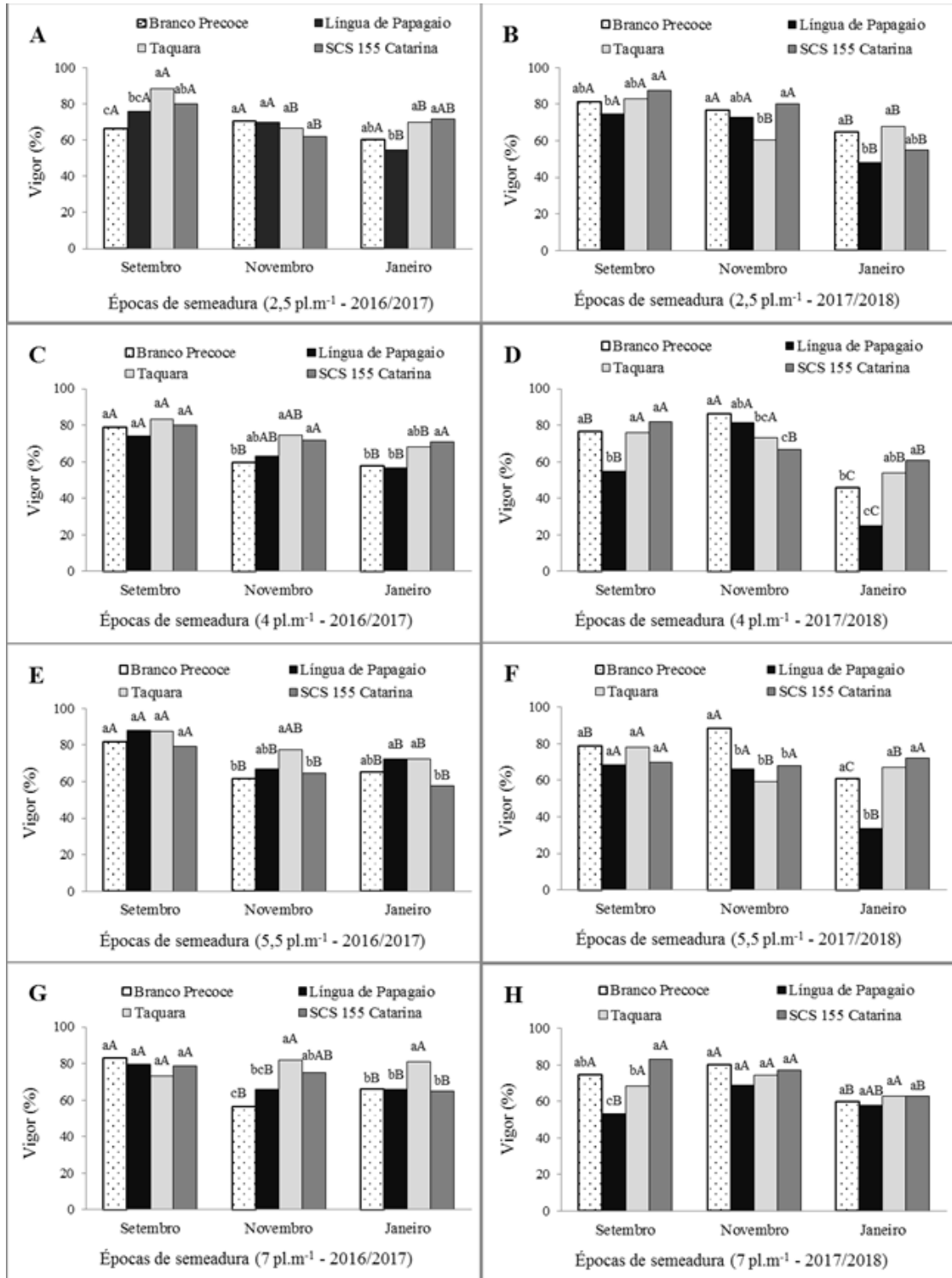
Na avaliação do vigor de sementes (Figura 5), na semeadura de setembro e novembro, observou-se os maiores percentuais médios de vigor, 80% e 68%, respectivamente, para a safra 2016/2017 e 74% para a safra 2017/2018. A semeadura em janeiro as sementes apresentaram o menor desempenho, com 66% e 56% de vigor nas duas safras analisadas, respectivamente. Percentuais de vigor acima de 80% foram observados apenas na semeadura em setembro e novembro. Para as semeaduras efetuadas em janeiro o percentual de vigor foi inferior a 60%, indicando que a semeadura tardia, afeta negativamente o vigor das sementes. A semeadura tardia reduz o vigor de sementes.

Os genótipos SCS 155 Catarina e Taquara apresentaram os maiores percentuais de vigor de sementes, quando a semeadura foi realizada em setembro, na densidade de 2,5 pl.m<sup>-1</sup>

(87%). Para os genótipos Branco Precoce e Língua de Papagaio, quando a semeadura foi realizada em novembro, as sementes apresentam maior percentual de vigor na densidade de 5,5 pl.m<sup>-1</sup> e 4 pl.m<sup>-1</sup> (89% e 82%, respectivamente). O genótipo Língua de papagaio foi mais sensível à semeadura em janeiro, apresentando vigor médio de 52%.

O efeito de densidade de semeadura variou de acordo com a safra de cultivo e a época de semeadura. Para semeadura efetuada em setembro, o percentual de vigor variou de 82% na densidade de 2,5 pl.m<sup>-1</sup> a 70% na densidade de 7 pl.m<sup>-1</sup>, para safra 2017/2018. Para as demais épocas de semeadura o comportamento em relação à densidade variou em função do genótipo. De modo geral, quanto maior a densidade de semeadura menor o vigor de sementes. Para Sangoi & Silva (2016) o adensamento reduz a penetração de radiação solar no interior do dossel, acelerando a senescência foliar, reduzindo a duração do período de enchimento de grãos e fomentando a produção de grãos leves. Este mesmo efeito pode ser observado na produção de sementes, reduzindo a sua qualidade fisiológica.

Figura 5 – Percentual de vigor de sementes de genótipos de milho em sistema de base agroecológica submetidos a diferentes épocas (setembro, novembro e janeiro) e densidades de semeadura de 2,5 pl.m<sup>-1</sup> (A, B), 4 pl.m<sup>-1</sup> (C, D), 5,5 pl.m<sup>-1</sup> (E, F) e 7 pl.m<sup>-1</sup> (G, H) nas safras 2016/2017 (A, C, E, G) e 2017/2018 (B, D, F, H) em Chapecó, SC. Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas, em cada época, e maiúsculas, em cada genótipo, não diferem pelo teste de Tukey (P<0,05).



Fonte: Autor (2020)



O uso de densidades de semeadura inadequada para o genótipo, e o retardamento da colheita, diminuem a qualidade fisiológica das sementes e favorecem o ataque de insetos e micro-organismos, acelerando o processo de deterioração das sementes (HENNING *et al.*, 2011). Além disso, a semeadura no início do período indicado para a região de cultivo, tende a beneficiar a produção de sementes no aspecto sanitário, devido à baixa pressão de patógenos à cultura (MARTIN *et al.*, 2007).

O presente artigo produziu avanços científicos e técnicos sobre duas questões principais. O primeiro resultado relevante sustenta a hipótese de que é possível produzir sementes orgânicas ou agroecológicas com padrão legal exigido no Brasil para posterior semeadura. Os padrões técnicos das sementes das variedades crioulas testadas são similares aos de outras cultivares comerciais. Este resultado tornou-se relevante, pois sementes de alta qualidade de variedades tradicionais de milho podem ser produzidas e comercializadas. Conseqüentemente, todo o ciclo da cultura para sistemas agroecológicos ou orgânicos (Brasil, 2003) pode ser realizado.

O segundo, as práticas de manejo que testamos, como o atraso na semeadura, não permitem que os agricultores evitem a contaminação de suas variedades locais por híbridos transgênicos sem penalidades, em termos de qualidade e quantidade de sementes. Na região do presente estudo, atualmente reconhecida como um microcentro da diversidade de milho no oeste catarinense (COSTA *et al.*, 2017), o isolamento espacial, para evitar a contaminação transgênica de variedades locais, também não pode ser aplicado devido à proximidade entre propriedades (30-50%) que é inferior a 100 m (COSTA, 2013).

A contaminação genética é o resultado do fluxo gênico que é realizado por polinização cruzada ou mistura de sementes. Além dos déficits comerciais, o fluxo de transgenes e sua introgressão no valioso germoplasma de importantes cultivos podem causar consequências inesperadas, perturbar a conservação genética e afetar políticas públicas e sistemas de manejo de plantações (ELLSTRAND, 2014). O presente artigo testou práticas de manejo de variedades locais de milho em um sistema agroecológico para evitar a polinização cruzada. A melhor época foi a mesma época de semeadura das variedades transgênicas. O isolamento espacial também pode evitar o fluxo gênico por polinização cruzada, mas não na área estudada devido à proximidade das fazendas (COSTA *et al.*, 2013). Além disso, o fluxo gênico através de misturas de sementes transgênicas com, não transgênicas foi demonstrado

pela primeira vez por Quist e Chapela (2001) no México. Naquele episódio, as sementes transgênicas que contaminaram as variedades locais de milho em Oaxaca vieram de fora do país. Quinze anos depois, as variedades locais de milho em Oaxaca continuaram com os transgenes detectados anteriormente (AGAPITO-TENFEN *et al.*, 2017). Além disso, os autores afirmaram que a extensão e a frequência dos transgenes dependem das características sociais e dos sistemas de manejo de sementes das comunidades locais. Assim, mesmo os agricultores aceitando mudanças nas práticas de manejo, como o isolamento temporal, as misturas de sementes também podem causar contaminação transgênica de suas variedades tradicionais.

Portanto, ainda não existe uma solução agrônômica para pequenos agricultores que cultivam variedades locais de milho em regiões onde os híbridos transgênicos são generalizados sem contaminação mínima. Estudos anteriores revelaram a contaminação de variedades locais após a liberação legal de variedades transgênicas. As variedades tradicionais de milho desse microcentro de diversidade de milho tiveram resultado positivo (7 de 10) para o Promotor 35 S (ZANATTA *et al.*, 2016), que está presente em variedades transgênicas cultivadas naquela região. Na Espanha, a produção de sementes de milho em uma área orgânica diminuiu 75% em Aragão entre 2004 e 2007 e 95% na Catalunha de 2002 a 2008 devido à contaminação transgênica (BINIMELIS *et al.*, 2008).

A segunda comprovação, no entanto, indica que as práticas de manejo que testamos (plantios fora da época recomendada e distintas densidades de semeadura), não permitem que os agricultores evitem a contaminação de suas variedades locais por híbridos transgênicos sem penalidades, em termos de qualidade e quantidade de sementes.

Os esforços de obtenção de solução para as variedades locais de milho cultivadas por pequenos agricultores, em regiões onde os híbridos transgênicos são generalizados, sem penalidades mínimas, ainda não tiveram sucesso. Os primeiros estudos revelaram a contaminação de variedades locais após a liberação legal de variedades transgênicas. Na Espanha, a área orgânica de produção de sementes de milho diminuiu 75% em Aragão entre 2004 e 2007 e 95% na Catalunha de 2002 a 2008 (BINIMELIS *et al.*, 2008). Na região, atualmente reconhecida como um microcentro da diversidade de milho no oeste catarinense (COSTA *et al.*, 2017), ambas as condições, evitando o isolamento temporal (o presente estudo) e espacial (COSTA, 2013), estão presentes. Dessa forma, a contaminação de sementes de variedades locais poderia ocorrer em larga escala, o que compromete os esforços de

milhares de agricultores que estão conservando uma diversidade genética significativa ainda não representada no banco de germoplasma *ex situ*.

## 6.6 CONCLUSÃO

Sistemas de base agroecológicos são capazes de produzir sementes de milho com padrões técnicos exigidos pelas normas brasileiras, desde que cultivados na época recomendada. Assim, Sementes de genótipos crioulos de milho em sistemas de base agroecológica com maior qualidade fisiológica e menor incidência de patógenos são obtidas na semeadura de setembro com densidade de  $5,5 \text{ pl.m}^{-1}$ , nas demais densidades é indicado a escolha adequada dos genótipos.

Para a obtenção de sementes quando a semeadura é realizada em novembro, sugere-se a escolha adequada de genótipos e densidade de semeadura a ser utilizada, devido à interação observada de genótipo x densidade x época de semeadura.

Pela primeira vez, encontramos evidências de que postergando ainda mais o plantio com a semeadura em janeiro, para evitar a contaminação por híbridos transgênicos de milho, não só a semente colhida não adquiriu o padrão legal e a qualidade desejada para ser semeada na próxima safra, mas também provocou menor rendimento de grãos.

De modo geral, o isolamento temporal de variedades locais a serem cultivadas em sistemas agroecológicos ou orgânicos para a produção de sementes de milho não é uma solução para os pequenos agricultores.

## CAPÍTULO 3

### 7 SELEÇÃO PRATICADA POR AGRICULTORES EM PROGÊNIES DE POPULAÇÕES SEGREGANTES DE MILHO NO OESTE CATARINENSE

#### 7.1 RESUMO

O melhoramento participativo tem disponibilizado variedades de milho com potencial para uso em sistemas agroecológicos. Os resultados de vários trabalhos apontaram para a necessidade de desenvolver variedades específicas para ambientes específicos, em razão das diferenças entre ambientes, da necessidade da manutenção da diversidade genética em cultivo e da garantia da conservação *on farm* de valiosas combinações alélicas. Neste contexto, o presente trabalho teve por objetivo sistematizar e avaliar os resultados obtidos da seleção massal aplicada por agricultores por três ciclos consecutivos, em populações segregantes de híbridos intervarietais oriundos de cruzamentos entre as variedades crioulas já cultivadas no local. As avaliações foram realizadas a partir de ensaios instalados em dois locais na região oeste catarinense que foram conduzidos em blocos inteiramente casualizados com três repetições. Este estudo demonstrou que os agricultores têm demandas que se expressam por meio dos critérios de seleção por eles escolhidos. Os resultados demonstram ainda que os agricultores têm habilidade de realizar seleção com sucesso. As populações segregantes originadas de cruzamentos intervarietais adquirem, por meio da heterose, características desejáveis aos agricultores, sendo essas passíveis de seleção, podendo-se manter e até mesmo melhorar os valores das características.

**Palavras chave:** *Zea mays* ssp. *mays* L., conservação *in situ on-farm*, melhoramento participativo, seleção massal.

## 7.2 INTRODUÇÃO

O manejo da diversidade genética e o melhoramento genético participativo (MGP) de uma espécie desempenham papel relevante em comunidades de agricultura familiar, onde são comuns os problemas de estresses ambientais, como os relacionados à fertilidade dos solos e às condições climáticas desfavoráveis (ALMEKINDERS E ELINGS, 2001).

O melhoramento voltado para a tolerância a estresses ambientais passou a representar uma mudança nas tendências do melhoramento e da seleção vegetal abrindo portas para o melhoramento genético participativo (MACHADO, 1998). Segundo o mesmo autor, isso começou a ocorrer, efetivamente, na década de 1980 no Brasil, quando, apesar de serem ainda fortemente influenciados pela filosofia da Revolução Verde, os programas de melhoramento foram direcionados para a obtenção de materiais mais adaptados às terras marginais das áreas de expansão agrícola.

O objetivo principal do MGP é proporcionar aos agricultores um leque maior de opções para que, independentemente, façam suas escolhas. Isso restabelece a prerrogativa dos agricultores a fazer escolhas, uma vez que esse direito foi tirado nos primeiros anos da Revolução Verde em muitos países. Este processo também fornece aos pesquisadores informações sobre as características específicas que os agricultores buscam, contribuindo para os objetivos do melhoramento (ALMEKINDERS & HARDON, 2006).

O melhoramento genético participativo vincula-se ao manejo da agrobiodiversidade *in situ on farm* e o seu enfoque estruturante deve ser descentralizado. As comunidades de agricultores familiares devem protagonizar todas as etapas do processo de melhoramento, a fim de garantir a sua autonomia e a sua soberania alimentar. Em sistemas agroecológicos, torna-se fundamental o desenvolvimento de variedades adaptadas aos ambientes locais. Essas variedades, quando associadas a um agroecossistema funcional, têm uma lógica própria impossível de ser reproduzida em um centro de pesquisa (MACHADO *et al.*, 2008b) que não a própria propriedade.

A população base do MGP pode ser originada tanto das variedades crioulas, que passam a ser inseridas em processos de seleção massal, no caso das espécies alógamas, ou em processos de seleção de linhas, no caso das autógamias, quanto do cruzamento de variedades crioulas com outras variedades, crioulas ou “modernas” originadas dos próprios agricultores ou da pesquisa (MACHADO, 2011). Quando o germoplasma de origem é resultado de

cruzamentos, a seleção principal para a adaptação local (solos, doenças prevalentes, seca, temperatura, entre outros) e necessidades dos agricultores (sabor, aparência, entre outros) normalmente começa na terceira e quarta geração em função da baixa disponibilidade de sementes. É nesta fase que o MGP oferece vantagens reais (ALMEKINDERS & HARDON, 2006).

Várias espécies estão sendo alvo de trabalhos de melhoramentos genético participativo como o trabalho desenvolvido com feijão, *Phaseolus vulgaris* L. (ALVES *et al.*, 2018), goiabeira-serrana, *Acca Sellowiana* (DONAZZOLO, 2012; SANTOS *et al.*, 2017), mandioca, *Manihot esculenta* Crantz (VIEIRA *et al.*, 2018), milho, *Zea mays* (MACHADO, 2009; KIST *et al.*, 2014), entre outras.

Na cultura do milho, o surgimento dessas pesquisas alternativas tendo como base o melhoramento genético participativo, tem ocorrido, principalmente, em função da ineficiência dos cultivares híbridos, sob condições adversas de clima e solo (BÜLL & CANTARELLA, 1993), como as que ocorrem nas propriedades da maioria dos agricultores familiares.

Embora os agricultores pratiquem seleção há milhares de anos, há poucos relatos sobre esta atividade no sul do Brasil. Tida como uma das primeiras iniciativas de melhoramento de milho relatadas, experiências participativas foram realizadas por agricultores do município de Três Arroios-RS, que passaram a realizar cruzamentos entre cultivares de milho híbrido, variedades comerciais e variedades crioulas em 1998. Na época, um cruzamento que se destacou foi aquele feito entre um híbrido da Braskalb com a variedade crioula Cunha, que resultou em uma variedade de polinização aberta denominada de “Brascunha”, nome dado pelos agricultores (GUSSON, 1998).

Em sistematização sobre a pesquisa participativa em milho, Machado *et al.* (2011) relataram que o manejo da diversidade genética de milho em sistemas agroecológicos tem sido realizado com variedades crioulas, variedades oriundas do melhoramento convencional e variedades oriundas do melhoramento participativo. O melhoramento participativo tem disponibilizado variedades de milho com potencial para uso em sistemas agroecológicos, como é o caso da variedade BRS 4157 Sol da Manhã, melhorado para condições de baixa disponibilidade de nitrogênio (MACHADO & FERNANDES, 2001) e a variedade BRS Eldorado melhorado para eficiência no uso de fósforo (MACHADO *et al.*, 2006).

Experimentos realizados por Mercer e Perales (2018) comprovaram que as variedades ou raças crioulas de milho desenvolvem características adaptativas que melhoram

seu desempenho sob condições bióticas e abióticas locais do que não locais. Estes dados reafirmaram experimentalmente a adaptação local do milho crioulo e sua dificuldade em reproduzir sob novas condições. Evidenciando a importância de que o melhoramento dessas variedades seja realizado no local de uso das mesmas.

Trabalho realizado anteriormente com cruzamento dialélico entre variedades crioulas e variedades de polinização abertas melhoradas de milho demonstrou que progênies possuem boa capacidade de combinação e que os híbridos intervarietais apresentaram adaptação diferenciada nos ambientes estudados. Os resultados desse trabalho apontaram ainda para a necessidade de desenvolver variedades específicas para ambientes específicos, em razão das diferenças entre ambientes e em razão na necessidade da manutenção da diversidade genética em cultivo e a garantia da conservação *on farm* de valiosas combinações alélicas (MUNARINI, 2013).

Neste contexto, o presente trabalho teve por objetivo sistematizar e avaliar os resultados obtidos da seleção massal aplicada por agricultores por três ciclos consecutivos, em híbridos intervarietais oriundos de cruzamentos entre as variedades crioulas já cultivadas no local.

### 7.3 MATERIAIS E MÉTODOS

Foram utilizadas abordagens alternativas de pesquisa que, segundo Smith *et al.* (2001), possuem três componentes fundamentais: primeiro o uso de uma pesquisa cuidadosa para identificar os critérios de seleção dos agricultores, de modo que fossem aplicados às seleções desde o início do MGP um conjunto mínimo de características desejáveis; segundo, o uso das áreas e experiência dos agricultores para realizar as atividades de criação colaborativa em unidades de produção representativas e, terceiro, compartilhar as técnicas necessárias para que os agricultores tivessem eficiência em selecionar e produzir sua própria semente.

#### 7.3.1 Populações segregantes

Previamente, um estudo anterior teve por objetivo desenvolver e avaliar híbridos intervarietais. Em longo prazo esperava-se disponibilizar variedades mais adaptadas aos sistemas camponeses de produção que, em sua maioria, caracterizam-se por baixo uso de

insumos externos e aproveitamento de áreas com baixa fertilidade de solo, preferencialmente para sistemas orgânicos ou agroecológicos. Os cruzamentos, envolvendo seis variedades crioulas, uma variedade de polinização aberta melhorada e um híbrido comercial, foram realizados em unidade experimental localizada em São Miguel do Oeste. As sementes oriundas dos parentais e cruzamentos foram submetidas às avaliações agrônômicas em três locais na região oeste catarinense nas safras 2011/12 e 2012/13. O potencial dos genótipos foi avaliado por meio das estimativas de Capacidade Geral de Combinação e heterose, bem como a interação Genótipo x Ambiente. Em condições de estresse hídrico, 38% dos híbridos intervarietais apresentaram comportamento igual à testemunha comercial em termos de produtividade. Os cruzamentos apresentaram valores positivos e negativos de heterobeltiose, destacando-se o cruzamento SCS 155 Catarina x SCS 154 Fortuna com 12 % para produção de grãos e Pixurum 05 x BRS 4150 com -68% para percentagem plantas quebradas. As variedades apresentaram efeitos significativos de CGC para todas as características avaliadas. Para a variável produção de grãos os genótipos que apresentaram maiores valores positivos em ordem decrescente foram AS 1565, SCS 154 Fortuna, Fundacep 35, SCS 155 Catarina e SJC 5886, sendo indicadas para formação de compostos. Os híbridos intervarietais apresentaram adaptação diferenciada nos ambientes, os híbridos intervarietais Pixurum 05 x AS 1565, SCS 155 Catarina x BRS 4150 e Pixurum 05 x BRS 4150 apresentaram maiores médias de produtividade em Chapecó, Palmitos e São Miguel do Oeste, respectivamente. Os resultados suportam a tese dos melhoristas de que a estratégia de desenvolver variedades específicas para ambientes específicos é adequada. Com isso, mantém-se diversidade genética em cultivo e assegura-se a conservação on farm de valiosas combinações alélicas.

Deste estudo prévio, Munarini (2013) selecionou três populações segregantes que apresentaram adaptação diferenciada nos distintos ambientes testados: os híbridos intervarietais SCS 155 Catarina x SJC 5886, SCS 155 Catarina x BRS 4150 e Pixurum 05 x BRS 4150 apresentaram resultados superiores aos demais em Chapecó, Palmitos e São Miguel do Oeste, respectivamente (Tabela 1). Assim, no presente estudo essas três populações de pré-melhoramento foram as populações segregantes nas quais foram aplicadas os três ciclos a seleção, uma por cada família de agricultores.



Tabela 1 - Características dos híbridos intervarietais de milho utilizados neste trabalho.

Características	Híbridos Intervarietais		
	SCS 155 Catarina x SJC 5886	SCS 155 Catarina x BRS 4150	Pixurum 05 x BRS 4150
Local de Avaliação	Chapecó	Palmitos	São Miguel do Oeste
Florescimento Masculino (dias)	69	72	68
Altura de Planta (cm)	230	204	209
Plantas Quebradas (%)	6	10	3
Produção de Grãos (kg.ha <sup>-1</sup> )	6466	6129	4788

Fonte: Munarini (2013)

### 7.3.2 Ciclos de seleção praticada pelos agricultores.

As populações segregantes (ciclo 0) foram submetidas à seleção massal estratificada por agricultores em campos isolados localizados nos municípios em que apresentaram melhor desempenho, Chapecó, Palmitos e São Miguel do Oeste. Nesse método de seleção o controle parental é de um só genitor, sendo a seleção fenotípica realizada com base no genitor feminino. A seleção ocorreu sobre as características e critérios estabelecidos pelos próprios agricultores.

Antes do início do processo de seleção, no campo e individualmente com cada família, foram compartilhadas técnicas necessárias para que os agricultores tivessem eficiência em selecionar e produzir sua própria semente. Dentre os procedimentos sugeridos por Bevilaqua *et al.* (2017) foram estabelecidos: evitar selecionar plantas isoladas; não colher espigas de plantas que estejam na bordadura da lavoura; separar a área de cultivo em subáreas (estratos), tantas quantas forem necessárias para atender as diferenças de clima e solo no local; colher ao menos 500 espigas para possibilitar a seleção após a despalha e descartar todas as espigas que apresentarem ataque de insetos, fungos, roedores ou com deficiente formação e distribuição de sementes. Após a seleção, as espigas sadias foram armazenadas em local limpo e ventilado para permitir a secagem. Posteriormente a debulha, as sementes foram armazenadas em garrafas Pet, até o ciclo seguinte de seleção. Uma amostra ao acaso foi tomada para o próximo ciclo de seleção.

A intensidade de seleção foi pré-definida sendo de 10% das plantas nos três ciclos de seleção. A população do segundo ciclo de seleção (ciclo 2) originou-se de amostra ao acaso

das sementes das plantas selecionadas no primeiro ciclo (ciclo 1). Este mesmo procedimento foi adotado para a obtenção da população do terceiro ciclo (ciclo 3) de seleção a partir do segundo ciclo.

As áreas de cultivo eram isoladas de outras áreas com cultivo de milho e foram conduzidos em sistemas agroecológicos nas três unidades de produção camponesa. Os ciclos de seleção foram realizados na safra 2015/2016 (ciclo 1), safra 2016/2017 (ciclo 2) e safra 2017/2018 (ciclo 3). Além das sementes armazenadas para iniciar o ciclo seguinte, uma amostra de 1 kg de sementes, selecionadas em cada ciclo e em cada uma das três propriedades, foi secada até atingir 13% de umidade e armazenada em garrafas pet, em geladeira com temperatura de 4 °C, para uso no ensaio de avaliação dos ciclos de seleção na safra 2018/2019.

### **7.3.3 Delineamento experimental e condução dos ensaios de avaliação da eficiência da seleção**

Na safra 2018/2019 foram realizados quatro ensaios experimentais. Três deles, um em cada um dos três locais, Chapecó, Palmitos e São Miguel do Oeste, com as sementes de todos os ciclos de seleção oriundos da seleção aplicada pelos agricultores em cada local. No quarto ensaio foram utilizadas sementes selecionadas de todos os ciclos de seleção realizados dos três locais em um único ambiente, visando avaliar o desempenho agrônomo de forma comparativa, bem como a magnitude da interação genótipo x ambiente. Neste quarto ensaio, as sementes oriundas dos três ciclos de seleção em Palmitos e São Miguel do Oeste foram testadas também em Chapecó; bem como as sementes oriundas dos ciclos de seleção obtidos em Chapecó foram avaliadas também em Palmitos. A semeadura foi feita dia 20/09/2018 em Palmitos, 22/09/2018 em Chapecó e 12/10/2018 em São Miguel do Oeste. Todos os quatro ensaios foram conduzidos em blocos inteiramente casualizados com três repetições. Os tratamentos consistiram dos dois parentais do híbrido intervarietal, população segregante ( $F_1$  – ciclo 0) e os três ciclos de seleção, totalizando seis tipos de populações. As parcelas foram constituídas por 4 linhas de 5 metros cada, sendo utilizada como área útil as duas linhas centrais. A densidade de plantas foi de 50 mil plantas por  $ha^{-1}$ . A adubação orgânica, constituída de cama de aviário, com níveis médios de NPK de 3 – 4 – 2, foi aplicada a lanço no momento da semeadura nas áreas dos três ensaios, em quantidade segundo a

recomendação para a cultura do milho. O controle de plantas ruderais foi realizado com capinas e o controle de insetos não foi necessário.

Para comparação entre os tratamentos foram avaliadas as seguintes características:

**Fenológicas:** Foi determinado na área útil das parcelas o Florescimento Masculino - **FM** sendo o número de dias, decorrido da sementeira ao florescimento masculino, ou seja, quando o último ramo do pendão tornou-se visível e teve início a polinização da variedade em 50% das plantas da parcela. E o Florescimento Feminino - **FF**, sendo o número de dias, decorrido da sementeira ao florescimento feminino, momento em que o estilo-estigma das espigas tornou-se visível em 50% das plantas da parcela.

**Morfológicas:** Foram determinadas as seguintes características medidas em 10 plantas com espiga da área útil em cada parcela para obtenção da média. Altura da planta - **AP** medida em centímetros, da superfície do solo até inserção da última folha. Altura da espiga - **AE** medida em centímetros, da superfície do solo até o ponto de inserção da espiga principal. Diâmetro do Colmo - **DC** medida em centímetros, com auxílio de um paquímetro digital, a uma altura média de 5 cm acima do nível do solo. Ângulo foliar - **AF** medida do ângulo, com auxílio de um transferidor, entre o colmo das plantas e a nervura central da primeira folha acima da espiga principal.

**Agronômicas:** Determinado a partir de 10 espigas para obtenção da média as seguintes características: número de fileiras por espiga - **NFE:** determinação do número de fileiras das 10 maiores espigas normais da área útil de cada parcela; número de grãos por fileira - **NGF:** determinação do número de grãos por fileira das 10 maiores espigas normais da área útil de cada parcela. Na área útil das parcelas foram avaliadas as seguintes características: plantas acamadas - **PA**, em percentual, determinada pela contagem das plantas que, na colheita, apresentarem ângulo de inclinação do colmo superior que 45° em relação à vertical. Plantas quebradas - **PQ**, em percentual, determinada pela contagem das plantas que, na colheita, apresentarem o colmo torcido, fissurado ou quebrado abaixo do ponto de inserção da espiga. Prolificidade - **PRO** determinada pelo número de espigas por planta calculada através do total de espigas coletadas na área útil, dividido pelo número de indivíduos presentes nessa área. Peso de grãos - **PG** ajustado para  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , com grau de umidade corrigido para 14%, a partir da pesagem dos grãos de todas as espigas colhidas na área útil das parcelas.

### 7.3.4 Análise dos dados

Os dados foram submetidos à análise de variância conjunta dos locais para estimar a interação genótipo x ambientes. As estimativas dos componentes de variância foram obtidas pelo método melhor predição linear não viciada (BLUP), a partir dos dados das características estudadas. Foi realizada também análise de regressão a fim de evidenciar ganhos de seleção praticado pelos agricultores. Para essas análises foi utilizado o programa estatístico SAS University Edition® (SAS Institute Inc., 2014).

## 7.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 7.4.1 Seleção Massal Estratificada aplicada à população segregante BRS4150 x SCS 155 Catarina pela Família Triaca, Município de Palmitos SC.

As características selecionadas pela Família Triaca foram tamanho de espiga, assim plantas com espigas grandes foram selecionadas; prolificidade, a partir da seleção de plantas com duas espigas; altura de plantas, com a seleção de plantas baixas, com inserção de espiga baixo ( $< 1,5$  m) e resistência ao quebramento, com a seleção de plantas com colmo rígido e grosso, feita pelos agricultores.

A partir das correlações entre as características avaliados nos três ciclos de seleção, é possível verificar que a seleção conjunta das características escolhidas pela Família Triaca pode ser praticada (Tabela 2). Com base nos resultados obtidos, pode ser constatado que: i) a característica altura de plantas revelou correlação positiva e significativa para a característica altura da inserção de espigas (0,42); ii) a característica diâmetro de colmo apresentou correlação positiva e significativa com número da grãos por fileira (0,65) e produtividade de grãos (0,65), bem como correlação negativa e significativa com plantas quebradas (-0,42); iii) a característica número da grãos por fileira apresentou correlação positiva e significativa com produtividade de grãos (0,73).

Andrade e Miranda Filho (2008) e Barros *et al.* (2010) evidenciaram correlações fenotípicas e genéticas fortes e positivas entre as características altura de plantas e altura da inserção de espiga. Assim, à medida que se aumenta a altura da planta incrementa-se a altura da inserção de espiga, corroborando assim com os resultados obtidos. Balbinot *et al.* (2005)

observaram que o número de grãos por fileira possui alta correlação positiva com produtividades de grãos, corroborando com os resultados obtidos no presente trabalho.

Os resultados evidenciaram que a probabilidade de se obter sucesso com a seleção de plantas na população segregante obtida a partir do cruzamento intervarietal é grande para as características desejadas pela família. Tal fato pode ser justificado pela presença de variabilidade entre os indivíduos e pelos resultados obtidos com a análise de correlação entre as características. De modo que, a seleção das características escolhidas pode ser praticada conjuntamente, pois a seleção para plantas com maior rigidez e diâmetro de colmo, espigas grandes e estatura baixa resultariam em uma diminuição da percentagem plantas quebradas e incremento da produtividade de grãos.

Tabela 2 - Correlações fenotípicas de Pearson (acima da diagonal) e níveis de significância (abaixo da diagonal) entre as 12 características avaliadas de três ciclos de seleção em população segregante oriunda do híbrido intervarietal BRS4150 x SCS155 Catarina avaliados em dois locais. Safra 2017/2018. Chapecó, SC.

Correlações Fenotípicas de Pearson												
	FM	FF	AP	AE	PQ	PA	PRO	PG	DC	AF	NFG	NGF
FM		<b>0,88*</b>	0,05	0,12	-0,01	0,11	-0,31	0,07	0,12	-0,27	0,08	0,25
FF	<.0001		0,03	0,25	0,14	0,27	-0,29	-0,22	-0,30	-0,20	0,09	-0,04
AP	0,76	0,81		<b>0,42*</b>	-0,40	0,07	0,05	0,16	0,08	-0,22	0,02	-0,11
AE	0,45	0,12	0,00		0,04	0,10	0,06	-0,16	-0,22	0,00	-0,11	-0,23
PQ	0,94	0,40	0,40	0,80		0,11	-0,09	<b>-0,37*</b>	<b>-0,42*</b>	0,08	-0,12	-0,25
PA	0,52	0,10	0,65	0,53	0,52		0,00	-0,17	-0,24	-0,01	0,17	-0,15
PRO	0,05	0,07	0,75	0,69	0,59	0,98		-0,10	-0,05	0,06	-0,20	-0,09
PG	0,67	0,19	0,33	0,33	0,02	0,32	0,56		<b>0,65*</b>	-0,02	0,21	<b>0,73*</b>
DC	0,47	0,07	0,62	0,18	0,00	0,15	0,76	<.0001		-0,12	0,00	<b>0,65*</b>
AF	0,10	0,23	0,18	0,98	0,62	0,91	0,70	0,88	0,45		-0,19	-0,04
NFG	0,62	0,56	0,87	0,48	0,45	0,30	0,22	0,21	0,95	0,26		-0,06
NGF	0,12	0,78	0,49	0,16	0,12	0,37	0,59	<.0001	<.0001	0,78	0,71	

#### Níveis de significância

\*significativo pelo teste t ao nível de 5% de probabilidade de erro.

FM - Florescimento Masculino; FF - Florescimento Feminino; AP - Altura de Plantas; AE - Altura de Espigas; PQ - Plantas Quebradas; PA - Plantas Acamadas; PRO - Prolificidade; PG - Produtividade de Grãos; DC - Diâmetro de colmo; AF - Ângulo folhar; NFG - Número de fileiras de grãos; NGF - Número de grãos por fileira.

Fonte: Autor (2020)

A análise de variância mostrou que houve efeito significativo de local para as características florescimento feminino, diâmetro de colmo, número de grãos por fileira, e produtividade de grãos, contudo a interação genótipo X ambiente não foi significativa (Tabela 3). O fato da ausência de significância estatística para a interação entre genótipos e ambientes

pode ser decorrente da adaptação que as variedades de polinização aberta geralmente apresentam em ambientes não muito contrastantes.

Efeitos significativos de ciclos de seleção foram observados para as características florescimento masculino e feminino, número de fileiras de grãos e prolificidade (Tabela 3).

Tabela 3- Resumo da análise de variância conjunta, indicando os graus de liberdade (GL), quadrados médios (QM), coeficientes de variação (CV) e coeficientes de regressão ( $R^2$ ) de três ciclos de seleção em população segregante oriunda do híbrido intervarietal BRS4150 x SCS155 Catarina, avaliados em dois locais. Safra 2017/2018. Chapecó, SC.

Fonte de Variação	GL	FM(dias)	FF (dias)	AP (cm)	AIE (cm)	DC (mm)	AF (°)	NFE	NGF	PA (%)	PQ (%)	PRO	PG (kg.ha <sup>-1</sup> )
Quadrados Médios e Significância de F													
Blocos	2	3,5*	3,791*	64,541 <sup>ns</sup>	27,166 <sup>ns</sup>	0,541 <sup>ns</sup>	3,811 <sup>ns</sup>	1,166 <sup>ns</sup>	5,791 <sup>ns</sup>	0,875 <sup>ns</sup>	50,375 <sup>ns</sup>	0,000 <sup>ns</sup>	1259368,29 <sup>ns</sup>
Locais (Ambiente)	1	1,5 <sup>ns</sup>	5,041*	22,041 <sup>ns</sup>	126,041 <sup>ns</sup>	384,000*	2,666 <sup>ns</sup>	0,041 <sup>ns</sup>	187,041*	22,041 <sup>ns</sup>	108,375 <sup>ns</sup>	0,003 <sup>ns</sup>	14208048,16*
Ciclos (Genótipo)	3	9,944*	14,152*	349,041 <sup>ns</sup>	105,597 <sup>ns</sup>	1,500 <sup>ns</sup>	3,046 <sup>ns</sup>	4,597*	9,708 <sup>ns</sup>	12,708 <sup>ns</sup>	16,375 <sup>ns</sup>	0,043*	360472,33 <sup>ns</sup>
Genótipo x Ambiente	3	1,055 <sup>ns</sup>	1,708 <sup>ns</sup>	41,041 <sup>ns</sup>	29,819 <sup>ns</sup>	1,333 <sup>ns</sup>	13,244 <sup>ns</sup>	1,263 <sup>ns</sup>	3,375 <sup>ns</sup>	20,263 <sup>ns</sup>	6,375 <sup>ns</sup>	0,001 <sup>ns</sup>	471112,27 <sup>ns</sup>
Erro	14	0,642	0,839	184,390	113,023	3,875	7,847	0,500	3,791	21,494	41,660	0,000	684610,760
Médias		67,75	70,45	201,7	103,95	22,41	28,31	14,29	33,95	3,62	5,87	0,92	6524
CV (%)		1,18	1,3	6,73	10,23	8,78	9,89	4,95	5,73	127,89	109,86	3,29	12,68
Coeficientes ( $R^2$ ) e Significância de F													
Reg. Linear	1	59,11*	59,37*	23,27 <sup>ns</sup>	75,13 <sup>ns</sup>	36,30 <sup>ns</sup>	50,78 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>	20,86 <sup>ns</sup>	18,38 <sup>ns</sup>	55,11 <sup>ns</sup>	43,43*	0,04 <sup>ns</sup>
Reg. Quadrática	1	59,66 <sup>ns</sup>	60,26 <sup>ns</sup>	91,56*	75,25 <sup>ns</sup>	40,00 <sup>ns</sup>	52,60 <sup>ns</sup>	68,04*	96,54*	76,20 <sup>ns</sup>	85,73 <sup>ns</sup>	91,45*	38,66 <sup>ns</sup>
Desvio	1	*	*	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns
Erro	14												

ns : não significativo; \*' 0.05 pelo teste F.

FM - Florescimento masculino; FF - Florescimento feminino; AP - Altura de plantas; AIE - Altura da inserção de espigas; PQ - Plantas quebradas; PA - Plantas acamadas; PRO - Prolificidade; PG - Produtividade de grãos; DC - Diâmetro de colmo; AF - Ângulo folhar; NFG - Número de fileiras de grãos; NGF - Número de grãos por fileira.

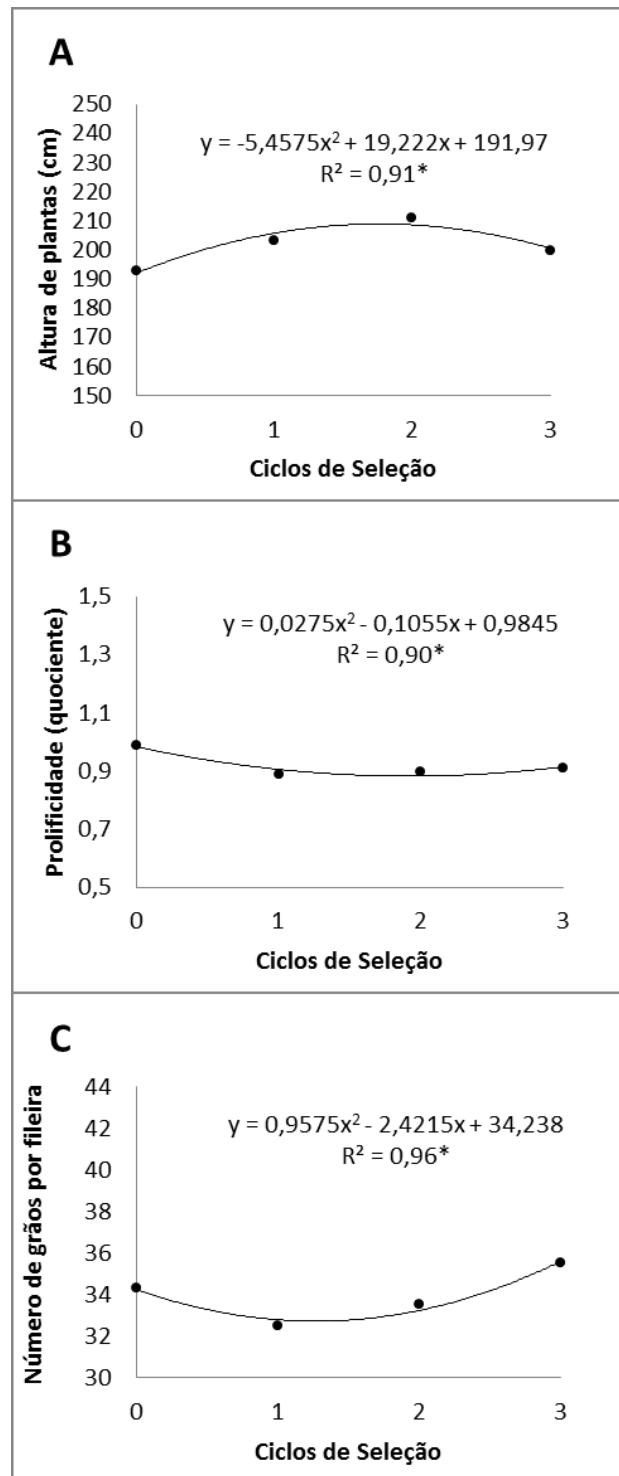
Fonte: Autor (2020)

A análise de regressão revelou um comportamento quadrático para altura de planta, prolificidade e número de grãos por fileira. Para altura de plantas (Figura 1 A); houve a formação de uma curva côncava onde do ciclo 0 para o ciclo 2 a altura aumentou 7,96% e do ciclo 2 para o ciclo 3 houve um decréscimo de 3,86%. Esse comportamento pode ser explicado pela expressão da heterose no ciclo 0, uma vez que a população segregante é resultante de híbrido intervarietal e a pressão de seleção foi realizada para diminuir a altura média das plantas da população, o que foi expressa a partir do ciclo 2.

Houve um decréscimo acentuado de 8,46% (Figura 1 B) no quociente de prolificidade do ciclo 0 para o ciclo 1, sendo que o efeito da seleção realizada pelo agricultor

pode ser observado a partir do ciclo 2 com um acréscimo de 3,70% deste para ciclo 3 de seleção. Rendimento em milho, incluindo a prolificidade, é um caráter que tem a presença de uma quantidade considerável de variação genética aditiva (Lonnquist e Peterson, 1967). Além disso, se o intervalo de formação das espigas for longo, a primeira de genótipos semiprolíficos apresentou dominância apical sobre a segunda, e a segunda a terceira (Harris *et al.*, 1976). Estes autores rejeitaram a hipótese de controle monogênico para a característica. Por ser uma característica quantitativa, a herdabilidade é baixa e os ganhos por seleção também são pequenos a cada ciclo de seleção (Allard, 1999).

Figura 1- Altura de plantas (A), prolificidade (B) e número de grãos por fileira (C) em plantas em três ciclos de seleção aplicada por agricultores em população segregante, formada pelo cruzamento entre as variedades de milho BRS4150 x SCS155 Catarina, avaliados em dois locais. Safra 2017/2018. Chapecó, SC.



Fonte: Autor (2020)



O efeito de heterose no ciclo 0 pode ser observado também quando avaliado a característica número de grãos por fileira (Figura 1 C). A regressão quadrática estimou que o decréscimo do ciclo 0 para o ciclo 1 foi de 4,28%; contudo nos dois ciclos seguintes o aumento foi de 7,91%, demonstrando assim a eficiência de seleção dos agricultores. A análise de regressão também mostrou tendência de alteração no florescimento masculino e feminino da cultura e número de fileiras de grãos; contudo os desvios da linha de tendência foram significativos (Tabela 3), indicando os efeitos ambientais expressivos nesta característica.

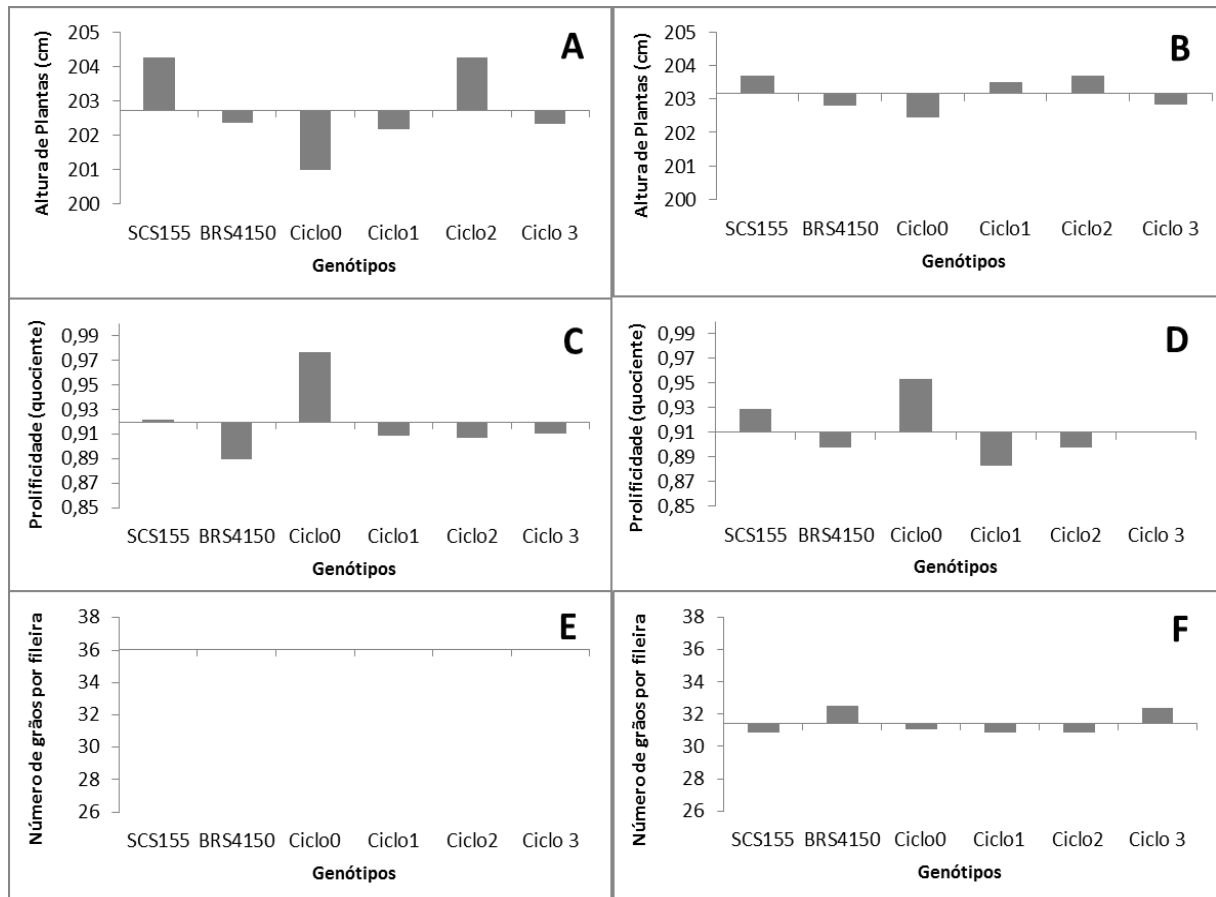
Os três ciclos de seleção já realizados não foram suficientes para aumentar a produtividade de grãos e o diâmetro do colmo, nem mesmo diminuir a percentagem de plantas quebradas como era esperado pelo agricultor. No entanto, considerando que ainda há variação tanto para número de grãos por fileira como para prolificidade, novos ciclos de seleção poderão ser realizados para estas características.

A abordagem BLUP revelou que para altura de plantas e prolificidade o genótipo ciclo 0 (híbrido intervarietal) contribuiu com ganhos favoráveis para a seleção realizada pelo agricultor, sendo adequada essa estratégia de praticar a seleção a partir desses genótipos (Figura 2 – A, B, C e D).

Na característica número de grãos por fileira em Chapecó não foi possível verificar a ocorrência ganhos genéticos pela análise de BLUP. Já em Palmitos, local onde foi praticado seleção, o genótipo que melhor contribuiu com valores positivos foi o genitor BRS 4150 da população segregante, contudo o ciclo 3 de seleção apresentou potencial para que a seleção continue, o que pode aumentar os valores dessa característica (Figura 2 – E, F) se a seleção for continuada.

Os resultados indicam, assim, que a seleção pode ser praticada em população segregante a partir de populações heterogêneas, como progênies de híbrido intervarietais, como também em variedades crioulas ou variedades de polinização aberta melhoradas. Desta forma, os ciclos de seleção praticados pelos agricultores são capazes de manter os ganhos médios e adaptar as populações selecionadas ao ambiente de cultivo, ao mesmo tempo que uma parte da variabilidade genética é mantida.

Figura 2 – Valores do ganho genotípico médio para o caráter altura de plantas (A, B), prolificidade (C, D) e número de grãos por fileira (E, F) obtidos a partir de seis genótipos de milho quando cultivados em dois ambientes, Chapecó (A, C, E) e Palmitos (B, D, F), preditos pelo método do melhor preditor linear não viesado (BLUP).



Fonte: Autor (2020)

#### 7.4.2 Seleção Massal Estratificada aplicada à população segregante SCS 155 Catarina X SJC 5886 pela Família Munarini, Município de Chapecó – SC.

As características selecionadas pela Família Munarini foram tamanho de espiga, assim plantas com espigas grandes foram selecionadas; altura de plantas, com a seleção de plantas baixas; com inserção de espiga baixa (< 1,5 m) e resistência ao quebramento, com a seleção de plantas com colmo rígido e expeço.

Avaliando as correlações fenotípicas das características selecionadas pelos agricultores (Tabela 4), foi constatado que: i) a característica altura de plantas revelou

correlação positiva e significativa para a característica altura da inserção de espigas (0,84), plantas acamadas (0,40), produtividade de grãos (0,51) e correlação negativa com ângulo folhar (-0,39); ii) a característica diâmetro de colmo não se correlacionou com nenhuma das demais avaliadas; iii) a característica número de grãos por fileira apresentou correlação positiva com produtividade de grãos (0,73) e correlação negativa com número de fileiras por espiga (-0,56). As correlações altas e positivas entre altura de plantas e altura da inserção da espiga também foi encontrada por Barros *et al* (2010) mostrando uma alta associação entre essas características em variedades crioulas.

Tabela 4 - Correlações fenotípicas de Pearson (acima da diagonal) e níveis de significância (abaixo da diagonal) entre as 12 características avaliadas de três ciclos de seleção em população segregante oriunda do híbrido intervarietal SCS155 Catarina X SJC 5886, avaliados em dois locais. Safra 2017/2018. Chapecó, SC.

Correlações Fenotípicas de Pearson												
	FM	FF	AP	AE	PQ	PA	PRO	PG	DC	AF	NFG	NGF
FM		<b>0,98*</b>	0,01	-0,13	0,30	-0,03	-0,09	-0,07	0,06	0,00	-0,11	-0,07
FF	<.0001		0,06	-0,05	0,25	-0,08	-0,14	-0,07	0,05	-0,09	-0,14	-0,06
AP	0,96	0,69		<b>0,84*</b>	0,01	<b>0,40*</b>	0,00	<b>0,51*</b>	-0,29	<b>-0,39*</b>	0,06	-0,03
AE	0,43	0,75	<.0001		-0,03	<b>0,44*</b>	0,12	<b>0,49*</b>	-0,29	<b>-0,38*</b>	-0,14	0,00
PQ	0,07	0,12	0,94	0,82		0,20	0,15	0,14	-0,03	0,06	0,04	-0,20
PA	0,84	0,60	0,01	0,00	0,22		-0,08	<b>-0,37*</b>	-0,04	0,15	0,20	-0,16
PRO	0,59	0,39	0,95	0,48	0,36	0,63		<b>0,36*</b>	-0,05	0,16	-0,30	0,24
PG	0,67	0,66	0,00	0,00	0,40	0,02	0,02		-0,14	0,00	-0,07	<b>0,35*</b>
DC	0,72	0,74	0,08	0,08	0,81	0,80	0,76	0,40		0,09	0,13	-0,07
AF	0,96	0,59	0,01	0,02	0,71	0,37	0,34	0,99	0,58		0,29	-0,15
NFG	0,50	0,40	0,71	0,41	0,79	0,23	0,07	0,65	0,43	0,08		<b>-0,56*</b>
NGF	0,64	0,69	0,83	0,99	0,24	0,33	0,15	0,03	0,67	0,37	0,00	

**Níveis de significância**

\*significativo pelo teste t ao nível de 5% de probabilidade de erro.

FM - Florescimento Masculino; FF - Florescimento Feminino; AP - Altura de Plantas; AE - Altura de Espigas; PQ - Plantas Quebradas; PA - Plantas Acamadas; PRO - Prolificidade; PG - Produtividade de Grãos; DC - Diâmetro de colmo; AF - Ângulo folhar; NFG - Número de fileiras de grãos; NGF - Número de grãos por fileira.

Fonte: Autor (2020)

A análise de variância mostrou que houve efeito significativo de local para as características altura de plantas, altura da inserção da espiga, número de fileiras por espiga, número de grãos por fileira e prolificidade. Os ciclos de seleção apresentaram variabilidade para as características florescimento feminino, ângulo foliar, prolificidade e produção de grãos. Contudo, assim como nos ensaios com os genótipos selecionados pela família Triaca, não houve significância estatística para a interação genótipo X ambiente (Tabela 5).

Tabela 5 - Resumo da análise de variância conjunta, indicando os graus de liberdade (GL), quadrados médios (QM), coeficientes de variação (CV) e coeficientes de regressão ( $R^2$ ) de três ciclos de seleção em população segregante oriunda do Híbrido Intervarietal SCS155 Catarina x SJC 5886, avaliados em dois locais. Safra 2017/2018. Chapecó, SC.

Fonte de Variação	GL	FM (dias)	FF (dias)	AP (cm)	AIE (cm)	DC (mm)	AF (°)	NFE	NGF	PA (%)	PQ (%)	PRO	PG (kg.ha <sup>-1</sup> )
<b>Quadrados Médios e Significância de F</b>													
Blocos	2	1,500 <sup>ns</sup>	1,500 <sup>ns</sup>	166,791 <sup>ns</sup>	20,791 <sup>ns</sup>	0,791 <sup>ns</sup>	6,005 <sup>ns</sup>	2,000 <sup>ns</sup>	8,791 <sup>ns</sup>	18,375 <sup>ns</sup>	2,541 <sup>ns</sup>	0,000 <sup>ns</sup>	1228684,04 <sup>ns</sup>
Locais (Ambiente)	1	1,500 <sup>ns</sup>	1,500 <sup>ns</sup>	7107,041*	2400,000*	13,500 <sup>ns</sup>	31,281 <sup>ns</sup>	0,166 <sup>ns</sup>	3,375 <sup>ns</sup>	40,041*	0,666 <sup>ns</sup>	0,000 <sup>ns</sup>	4429863,37*
Ciclos (Genótipo)	3	5,055*	5,055*	117,375 <sup>ns</sup>	149,500 <sup>ns</sup>	5,555 <sup>ns</sup>	5,077 <sup>ns</sup>	2,277 <sup>ns</sup>	4,819 <sup>ns</sup>	6,819 <sup>ns</sup>	5,944 <sup>ns</sup>	0,031*	614900,48 <sup>ns</sup>
Genótipo x Ambiente	3	0,611 <sup>ns</sup>	0,611 <sup>ns</sup>	35,041 <sup>ns</sup>	8,000 <sup>ns</sup>	1,055 <sup>ns</sup>	7,570 <sup>ns</sup>	0,500 <sup>ns</sup>	0,375 <sup>ns</sup>	11,597 <sup>ns</sup>	9,111 <sup>ns</sup>	0,014 <sup>ns</sup>	492583,48 <sup>ns</sup>
Erro	14	0,982	0,928	170,220	83,982	3,744	11,033	0,857	3,744	8,041	17,203	0,003	706045,040
Médias		67,75	69,75	226,7	118,58	25,83	26,02	14,25	36,29	2,12	2,41	0,89	7517
CV (%)		1,42	1,38	5,75	7,73	7,49	12,76	6,5	5,33	133,45	171,65	6,81	11,18
<b>Coefficientes (<math>R^2</math>) e Significância de F</b>													
Reg. Linear	1	79,34*	79,34*	21,36 <sup>ns</sup>	1,67 <sup>ns</sup>	96,80*	41,07 <sup>ns</sup>	7,80 <sup>ns</sup>	6,97 <sup>ns</sup>	6,88 <sup>ns</sup>	31,59 <sup>ns</sup>	28,16*	6,15 <sup>ns</sup>
Reg. Quadrática	1	89,23*	84,23*	95,21 <sup>ns</sup>	32,92 <sup>ns</sup>	96,80 <sup>ns</sup>	57,72 <sup>ns</sup>	95,61*	90,26 <sup>ns</sup>	96,70 <sup>ns</sup>	77,38 <sup>ns</sup>	92,15*	92,62 <sup>ns</sup>
Desvio	1	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Erro	14												

ns : não significativo; \*\* 0.05 pelo teste F.

FM - Florescimento Masculino; FF - Florescimento Feminino; AP - Altura de Plantas; AE - Altura de Espigas; PQ - Plantas Quebradas; PA - Plantas Acamadas; PRO - Prolifidade; PG - Produtividade de Grãos; DC - Diâmetro de colmo; AF - Ângulo folhar; NFG - Número de fileiras de grãos; NGF - Número de grãos por fileira.

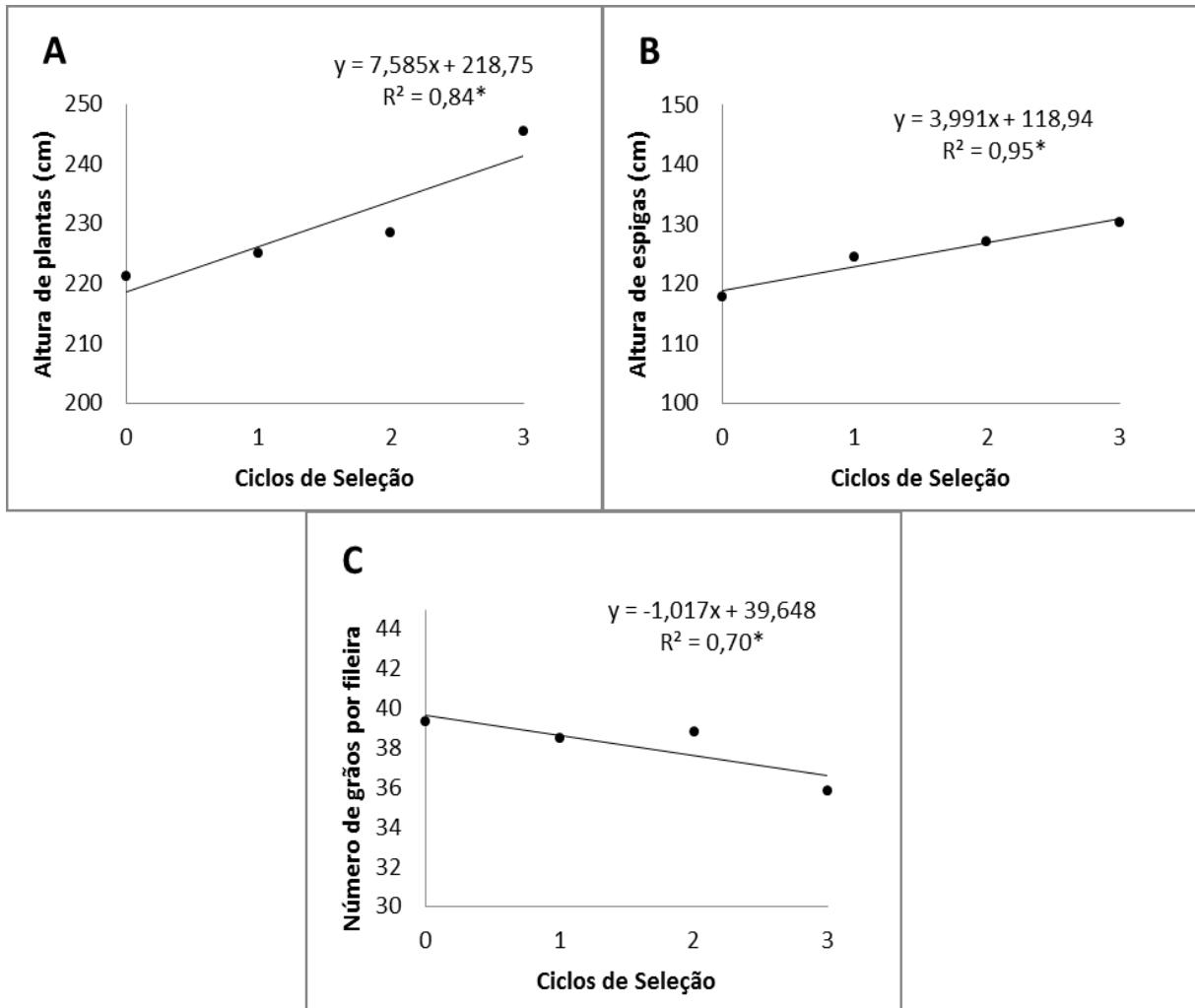
Fonte: Autor (2020)

A análise de regressão revelou um comportamento linear para três das quatro características selecionadas pelos agricultores, sendo elas a altura de planta, altura da inserção da espiga e número de grãos por fileira. Para altura de plantas e altura de inserção de espigas houve a formação de uma reta ascendente à medida que os ciclos de seleção foram sendo realizados, contrário do que era esperado pelos agricultores que esperavam um decréscimo na altura dessa população. Novamente o ciclo 0 apresentou menores valores para essas características, comportamento explicado pela expressão da heterose, uma vez que a população segregante é oriunda de um híbrido intervarietal (Figura 3 A, B).

Com relação ao número de grãos por fileiras, a tendência apresentada pela regressão foi de uma diminuição do número de grãos por fileiras à medida que os ciclos de seleção avançaram. Novamente comportamento contrário da pressão de seleção realizada pelos

agricultores que selecionaram espigas grandes e esperavam aumento dessa característica à medida que os ciclos de seleção fossem realizados (Figura 3 C).

Figura 3 - Altura de plantas (A), altura de espigas (B) e número de grãos por fileira (C) em plantas em três ciclos de seleção aplicada por agricultores em população segregante formada pelo cruzamento entre as variedades de milho SCS155 Catarina x SJC 5886, avaliados em dois locais. Safra 2017/2018. Chapecó, SC.



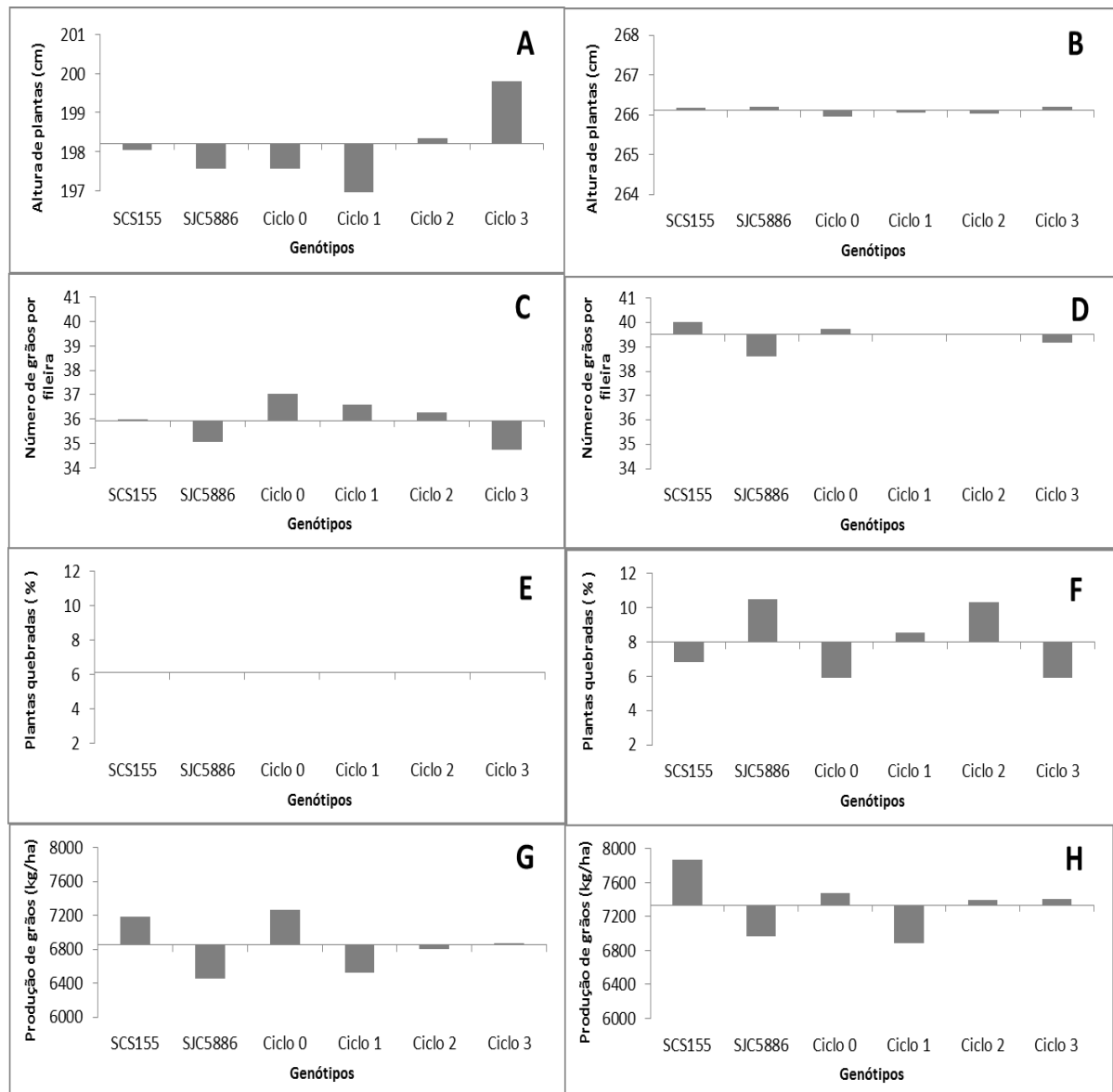
Fonte: Autor (2020)

A análise de BLUP indicou que praticar a seleção a partir do genótipo ciclo 0 (a partir de população segregante de híbrido intervarietal) é uma opção favorável pois contribuiu com ganhos para todas as características desejadas pelos agricultores. Além disso, a variedade genitora SCS 155 se destacou como uma ótima doadora de genes para o melhoramento

participativo, pois contribuiu para atender os objetivos que os agricultores buscaram com a seleção (Figura 4).

No decorrer dos ciclos de seleção observou-se também que os genótipos ciclo 2 e ciclo 3 não se apresentaram como favoráveis para realização de novos ciclos e fim de atender os objetivos traçados quanto a altura de plantas. Contudo a continuidade da seleção a partir do ciclo 3 mostra-se promissora para diminuir a porcentagem de plantas quebradas (Figura 4 F) mantendo e até mesmo obtendo de ganhos em produção de grãos (Figura 4 G, H).

Figura 4 - Valores do ganho genotípico médio para o caráter altura de plantas (A, B), número de grãos por fileira (C, D), plantas quebradas (E, F) e produção de grãos (G, H) obtidos a partir de seis genótipos de milho quando cultivados em dois ambientes, Chapecó (A, C, E, G) e São Miguel do Oeste (B, D, F, H) preditos pelo método do melhor preditor linear não viesado (BLUP).



Fonte: Autor (2020)

### 7.4.3 Seleção massal estratificada aplicada à população segregante Pixurum 05 x BRS 4150 pela família Pinheiro, município de São Miguel do Oeste – SC.

As características selecionadas pela família Pinheiro foram tamanho de espiga, assim plantas com espigas grandes foram selecionadas; prolificidade, a partir da seleção de plantas

com duas espigas e; resistência ao quebramento, com a seleção de plantas com colmo rígido e grosso feita pelos agricultores.

As correlações fenotípicas das características selecionadas pela família Pinheiro demonstraram que: i) a característica número de grãos por fileira apresentou correlação positiva com altura de plantas (0,40), altura da inserção das espigas (0,49) e produtividade de grãos (0,57) e correlação negativa com florescimento masculino (-0,39) e florescimento feminino (-0,37); ii) a característica prolificidade revelou correlação negativa para a característica altura de plantas (-0,35) e altura da inserção de espigas (-0,32); iii) a característica diâmetro de colmo não se correlacionou com nenhuma das demais características avaliadas e iv) a característica plantas quebradas se correlacionou positivamente com plantas acamadas (0,52). (Tabela 6).

Não foi significativa a correlação entre as características prolificidade e produtividade de grãos (Tabela 6). Este resultado é o contrário do que foi observado por Guimarães *et al.* (2019) e Barros *et al.* (2010) que evidenciaram correlação positiva entre as duas características mencionadas. Caso os alelos da base genética destas duas características encontrem-se ligados em repulsão, novos ciclos de seleção oportunizarão a recombinação entre os alelos favoráveis e ganhos de seleção poderão ser obtidos. Assim, para essa variedade crioula em específico, a seleção de plantas com maior número de grãos por fileira é recomendável para aumentar a produtividade de grãos, o que poderá ser obtido com novos ciclos de seleção.

Tabela 6 - Correlações fenotípicas de Pearson (acima da diagonal) e níveis de significância (abaixo da diagonal) entre as 12 características avaliadas de três ciclos de seleção em população segregante oriunda do híbrido intervarietal Pixurum 05 X BRS 4150, avaliados em dois locais. Safra 2017/2018. Chapecó, SC.



Correlações Fenotípicas de Pearson												
	FM	FF	AP	AE	PQ	PA	PRO	PG	DC	AF	NFG	NGF
FM		<b>0,88*</b>	-0,16	-0,15	0,18	0,30	-0,12	-0,09	-0,04	0,27	0,18	<b>-0,39*</b>
FF	<.0001		-0,03	0,00	0,31	<b>0,33*</b>	-0,17	-0,13	-0,10	0,13	0,28	<b>-0,37*</b>
AP	0,34	0,84		<b>0,93*</b>	0,08	-0,11	<b>-0,35*</b>	<b>0,32*</b>	0,15	-0,08	0,16	<b>0,40*</b>
AE	0,37	0,99	<.0001		0,19	-0,03	<b>-0,32*</b>	0,28	0,06	-0,12	0,15	<b>0,49*</b>
PQ	0,28	0,06	0,62	0,25		<b>0,52*</b>	-0,15	-0,06	-0,08	0,22	0,17	0,17
PA	0,07	0,04	0,51	0,85	0,00		-0,02	-0,17	-0,12	0,17	-0,13	-0,02
PRO	0,46	0,29	0,03	0,05	0,37	0,89		0,22	0,03	-0,03	-0,27	-0,02
PG	0,57	0,44	0,05	0,09	0,72	0,30	0,17		0,09	<b>-0,33*</b>	-0,03	<b>0,57*</b>
DC	0,78	0,55	0,37	0,69	0,60	0,46	0,84	0,57		-0,02	-0,06	0,22
AF	0,10	0,42	0,62	0,46	0,17	0,31	0,83	0,05	0,87		-0,06	-0,26
NFG	0,27	0,08	0,32	0,36	0,30	0,43	0,10	0,85	0,70	0,72		-0,07
NGF	0,01	0,02	0,01	0,00	0,30	0,90	0,89	0,00	0,17	0,11	0,65	

**Níveis de significância**

\*significativo pelo teste t ao nível de 5% de probabilidade de erro.

FM - Florescimento Masculino; FF - Florescimento Feminino; AP - Altura de Plantas; AE - Altura de Espigas; PQ - Plantas Quebradas; PA - Plantas Acamadas; PRO - Prolificidade; PG - Produtividade de Grãos; DC - Diâmetro de colmo; AF - Ângulo folhar; NFG - Número de fileiras de grãos; NGF - Número de grãos por fileira.

Fonte: Autor (2020)

A análise de variância mostrou que houve efeito significativo de local para as características altura de plantas, altura da inserção da espiga, percentagem de plantas acamadas e produção de grãos. Os ciclos de seleção apresentaram variabilidade para as características, florescimento masculino, florescimento feminino e prolificidade. Não houve significância estatística para a interação genótipo X ambiente para nenhuma das características avaliadas. (Tabela 7).

Tabela 7 - Resumo da análise de variância conjunta, indicando os graus de liberdade (GL), quadrados médios (QM), coeficientes de variação (CV) e coeficientes de regressão ( $R^2$ ) de três ciclos de seleção em população

segregante oriunda do híbrido intervarietal Pixurum05 x BRS4150, avaliados em dois locais. Safra 2017/2018. Chapecó, SC.

Fonte de Variação	GL	FM(dias)	FF (dias)	AP (cm)	AIE (cm)	DC (mm)	AF (°)	NFE	NGF	PA (%)	PQ (%)	PRO	PG (kg.ha <sup>-1</sup> )
Quadrados Médios e Significância de F													
Blocos	2	3,5*	3,791*	64,541 <sup>ns</sup>	27,166 <sup>ns</sup>	0,541 <sup>ns</sup>	3,811 <sup>ns</sup>	1,166 <sup>ns</sup>	5,791 <sup>ns</sup>	0,875 <sup>ns</sup>	50,375 <sup>ns</sup>	0,000 <sup>ns</sup>	1259368,29 <sup>ns</sup>
Locais (Ambiente)	1	1,5 <sup>ns</sup>	5,041*	22,041 <sup>ns</sup>	126,041 <sup>ns</sup>	384,000*	2,666 <sup>ns</sup>	0,041 <sup>ns</sup>	187,041*	22,041 <sup>ns</sup>	108,375 <sup>ns</sup>	0,003 <sup>ns</sup>	14208048,16*
Ciclos (Genótipo)	3	9,944*	14,152*	349,041 <sup>ns</sup>	105,597 <sup>ns</sup>	1,500 <sup>ns</sup>	3,046 <sup>ns</sup>	4,597*	9,708 <sup>ns</sup>	12,708 <sup>ns</sup>	16,375 <sup>ns</sup>	0,043*	360472,33 <sup>ns</sup>
Genótipo x Ambiente	3	1,055 <sup>ns</sup>	1,708 <sup>ns</sup>	41,041 <sup>ns</sup>	29,819 <sup>ns</sup>	1,333 <sup>ns</sup>	13,244 <sup>ns</sup>	1,263 <sup>ns</sup>	3,375 <sup>ns</sup>	20,263 <sup>ns</sup>	6,375 <sup>ns</sup>	0,001 <sup>ns</sup>	471112,27 <sup>ns</sup>
Erro	14	0,642	0,839	184,390	113,023	3,875	7,847	0,500	3,791	21,494	41,660	0,000	684610,760
Médias		67,75	70,45	201,7	103,95	22,41	28,31	14,29	33,95	3,62	5,87	0,92	6524
CV (%)		1,18	1,3	6,73	10,23	8,78	9,89	4,95	5,73	127,89	109,86	3,29	12,68
Coeficientes (R <sup>2</sup> ) e Significância de F													
Reg. Linear	1	59,11*	59,37*	23,27 <sup>ns</sup>	75,13 <sup>ns</sup>	36,30 <sup>ns</sup>	50,78 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>	20,86 <sup>ns</sup>	18,38 <sup>ns</sup>	55,11 <sup>ns</sup>	43,43*	0,04 <sup>ns</sup>
Reg. Quadrática	1	59,66 <sup>ns</sup>	60,26 <sup>ns</sup>	91,56*	75,25 <sup>ns</sup>	40,00 <sup>ns</sup>	52,60 <sup>ns</sup>	68,04*	96,54*	76,20 <sup>ns</sup>	85,73 <sup>ns</sup>	91,45*	38,66 <sup>ns</sup>
Desvio	1	*	*	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns
Erro	14												

ns : não significativo; \* 0,05 pelo teste F.

FM - Florescimento masculino; FF - Florescimento feminino; AP - Altura de plantas; AE - Altura da inserção de espigas; PQ - Plantas quebradas; PA - Plantas acamadas; PRO - Prolifidade; PG - Produtividade de grãos; DC - Diâmetro de colmo; AF - Ângulo folhar; NFG - Número de fileiras de grãos; NGF - Número de grãos por fileira.

Fonte: Autor (2020)

Na análise de regressão houve comportamento linear e quadrático significativos para florescimento masculino e feminino, contudo o coeficiente de determinação do modelo quadrático proporcionou melhor ajuste da linha de tendência que demonstrou um aumento dos dias entre a semeadura e florescimento do ciclo 0 para o ciclo 2 e posterior tendência de estabilização (Figura 5 A).

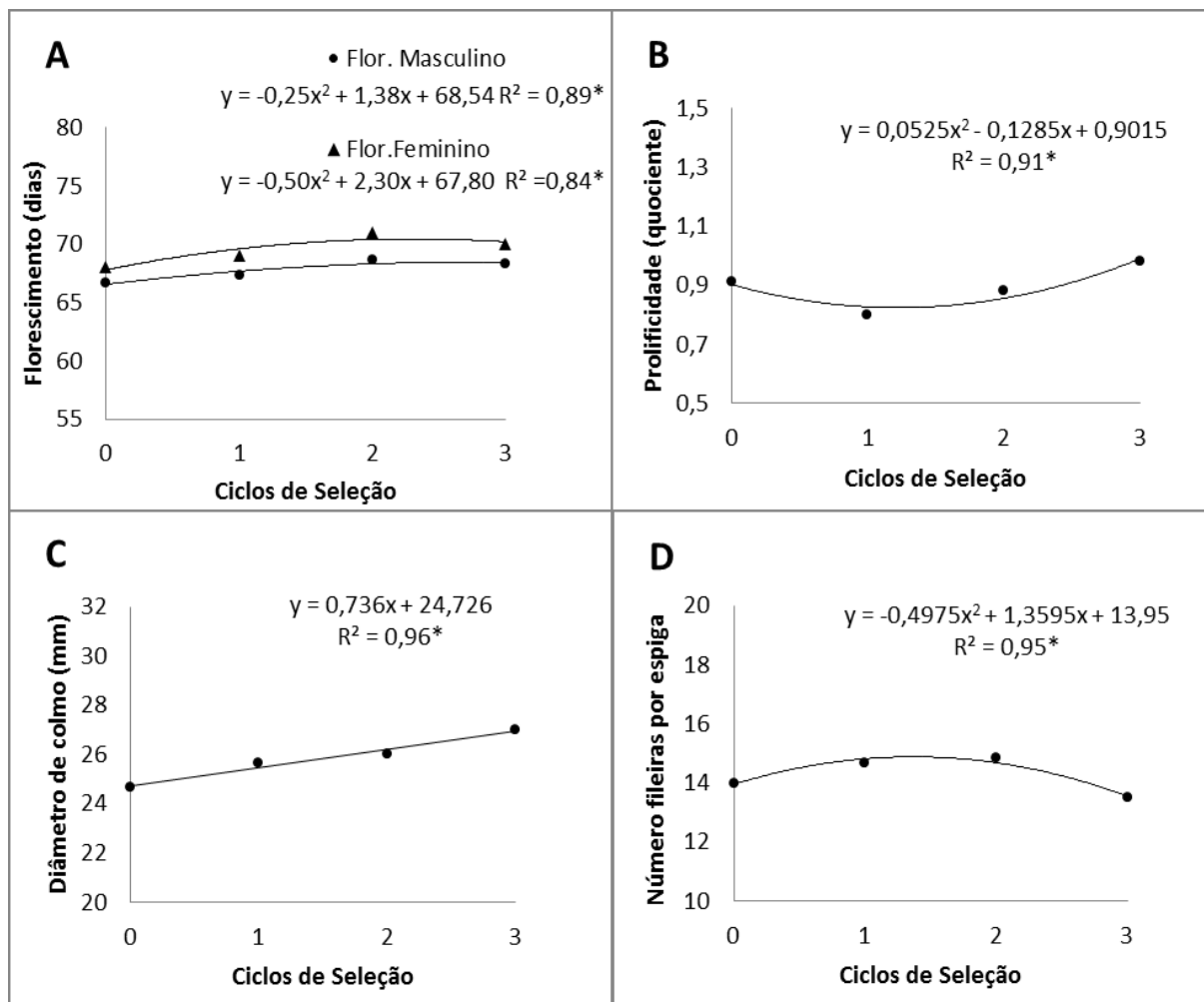
O ciclo da cultura do milho não foi característica escolhida pelos agricultores como critério de seleção, contudo numa estratégia de conservação dos materiais genéticos as informações referentes ao ciclo se tornam importante. O presente estudo revelou que as populações segregantes oriundas de variedades crioulas possuem variabilidade e também são passíveis de seleção quanto ao ciclo da cultura.

Os agricultores selecionaram espigas grandes, contudo pelo número de grãos por fileira não foi possível observar evolução para essa característica, sendo que a mesma permaneceu estável. Já para número de fileiras por espiga observou-se um acréscimo dessa característica do ciclo 0 para o ciclo 2 e do ciclo 2 para o ciclo 3 uma tendência de decréscimo

(Figura 5 C). Ao mesmo tempo houve uma tendência de aumento da prolificidade do ciclo 1 para o ciclo 3, característica esta também selecionada pelos agricultores (Figura 5 B). Essas características somadas à densidade de plantas são os componentes de produção que mais explicam a produção por área da cultura do milho. Na prática, os agricultores buscam sempre aumentar a produção por área e para isso às vezes os critérios prolificidade e tamanho de espigas podem andar juntos na seleção praticada pelos agricultores. Contudo, segundo Balbinot Junior *et al.* (2005) a seleção para prolificidade possui efeito indireto negativo tanto para número de grãos por fileira quanto para número de fileiras por espigas, isso pode explicar a ausência de êxito na seleção praticada pelos agricultores para essas características.

Com relação às características de colmo selecionadas pelos agricultores não foi possível detectar diferenças estatísticas pela análise de variância entre os ciclos de seleção para percentagem de plantas quebradas e plantas acamadas. Contudo as médias para essas características foram consideradas baixas sendo 2,4% e 2,1%, respectivamente. Já a análise de regressão foi sensível para mostrar uma tendência de aumento do diâmetro de colmo à medida que os ciclos de seleção avançaram (Figura 5 C). Portanto, novos ciclos de seleção podem conseguir a diminuição destes índices de plantas quebradas e plantas acamadas.

Figura 5 - Florescimento (A), prolificidade (B), diâmetro de colmo (C) e número de fileiras por espiga (D) em plantas em três ciclos de seleção aplicada por agricultores em população segregante formada pelo cruzamento entre as variedades de milho Pixurum 05 x BRS 4150, avaliados em dois locais. Safra 2017/2018. Chapecó, SC.

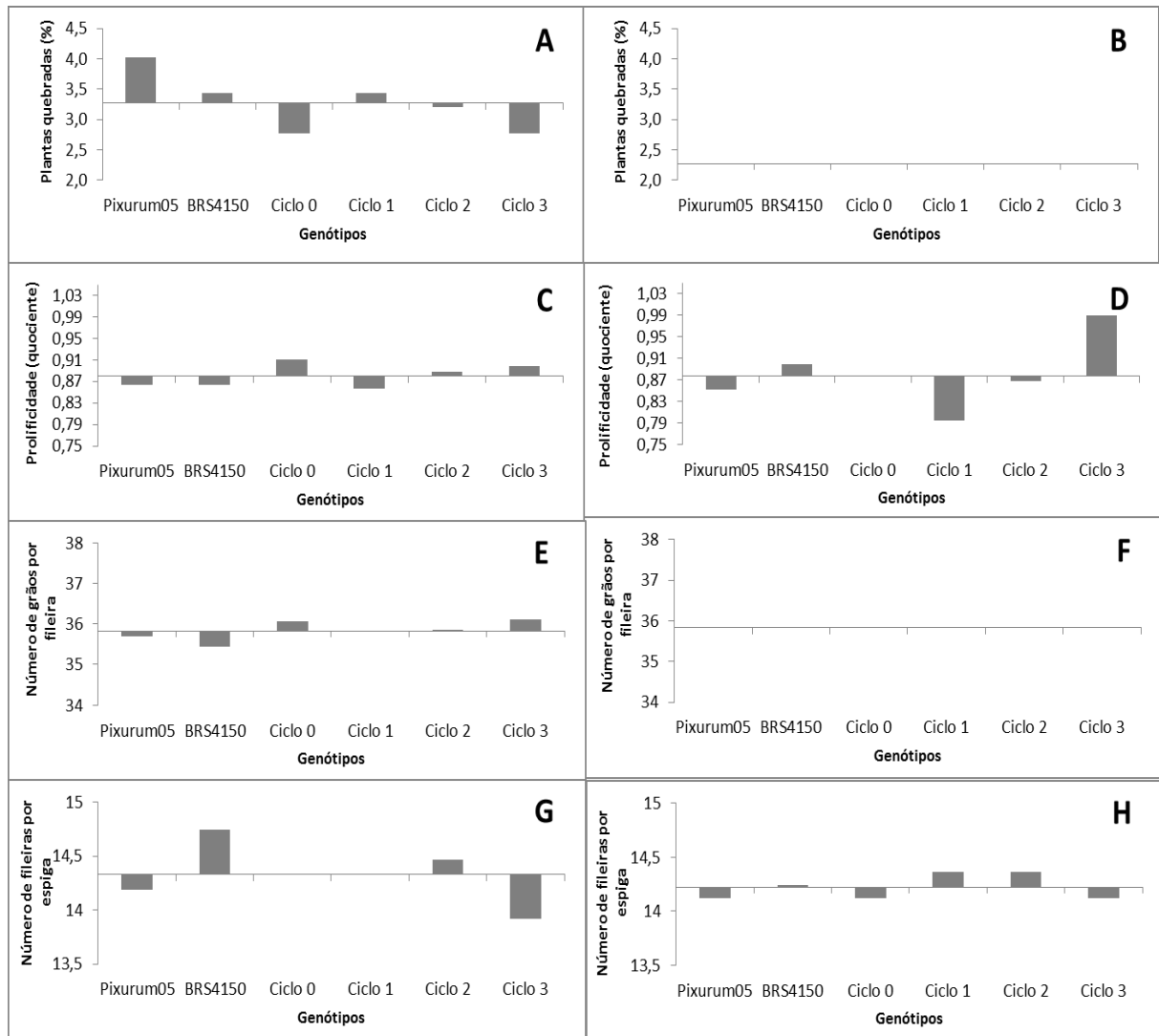


Fonte: Autor (2020)

A partir abordagem BLUP observou-se que os genótipos Pixurum 05 e BRS 4150, que são os genitores da população segregante (ciclo 0), possuem características genótípicas para altos valores de percentagem de plantas quebradas. No entanto, o cruzamento realizado para altos valores de percentagem de plantas quebradas. No entanto, o cruzamento realizado entre essas duas variedades proporcionou diminuição desses valores e os ciclos de seleção feitos contribuíram para diminuir ainda mais os valores de percentagem de plantas quebradas (Figura 06 A).

Quanto à prolificidade, com base na análise de BLUP, o ciclo 3 demonstrou maior ganho genotípico médio, sendo promissor a continuidade de seleção para aumento dessa característica. A prolificidade foi uma das características escolhidas pelos agricultores para praticar seleção e possui alta correlação com a produção de grão por área (Figura 6 C e D).

Figura 6 - Valores do ganho genotípico médio para a característica plantas quebradas (A, B), prolificidade (C, D), número de grãos por fileira (E, F) e número de fileiras por espiga (G, H) obtidos a partir de seis genótipos de milho quando cultivados em dois ambientes, Chapecó (A, C, E, G) e São Miguel do Oeste (B, D, F, H) preditos pelo método do melhor preditor linear não viesado (BLUP).



Fonte: Autor (2020)

No decorrer dos ciclos de seleção observou-se também que nos genótipos ciclo 2 e ciclo 3 houve um pequeno ganho em relação ao ciclo 1 para aumento do número de fileiras por espigas. Já para número de grãos por fileira houve um decréscimo no ciclo 3 demonstrando que a seleção de espigas grandes realizada pelos agricultores não está sendo eficiente, revelando novamente o efeito indireto negativo que a seleção para prolificidade possui para número de grãos por fileira.

## 7.5 CONCLUSÕES

Este estudo demonstrou que os agricultores têm demandas que se expressam por meio dos critérios de seleção por eles escolhidos e que não necessariamente são os mesmos dos melhoristas convencionais.

Os resultados do melhoramento obtidos em três ciclos de seleção demonstram que os agricultores têm habilidade de realizar seleção com sucesso. Este cenário indica que os agricultores que desejarem pode desenvolver suas próprias variedades.

As populações segregantes originadas de cruzamentos intervarietais adquirem, por meio da heterose, características desejáveis aos agricultores. Tais características são passíveis de seleção, podendo manter e até mesmo aumentar os valores das características comparativamente ao ciclo 0.

## CAPÍTULO 4

### 8 IMPLICAÇÕES DOS RESULTADOS OBTIDOS PARA A AGRICULTURA

A eficiência do melhoramento de plantas depende principalmente da variabilidade genética. Esta é praticamente inexistente em linhas puras de espécies autógamas ou mesmo em linhagens utilizadas para formação de híbridos em espécies alógamas. Assim, as variedades crioulas, por serem heterogêneas fenotípica e geneticamente são apropriadas para o melhoramento genético. Cruzamentos podem gerar novas associações alélicas, como foi feito no presente estudo e assim, aumentar a chance de recombinantes que podem ser objeto da seleção.

Diversos estudos têm sido feitos demonstrando o potencial e a importância da variabilidade genética existentes nas variedades crioulas tanto para o cultivo como para o melhoramento genético, seja participativo sejam por instituições que produzem variedades. Entre eles, Bertoldo et al. (2014) demonstraram que das 10 melhores variedades crioulas do Banco Ativo de Feijão (BAF), mantido pela UDESC de Lages, em termos de desempenho agrônomo, quatro exibiram características adaptativas para altura da planta; diâmetro do caule; altura de inserção da primeira vagem; número de vagens por planta; número de grãos por vagem; peso de mil grãos e rendimento de grãos.

Os sistemas produtivos também são considerados quando se planeja o melhoramento genético participativo. Por isso, é fundamental que o melhoramento seja realizado no local de uso do material (Nodari et al., 2015). Os autores mencionaram que os agricultores envolvidos têm interesse em usar o milho para consumo humano através da produção de farinha em moinhos de pedra, canjica e quirela, entre outros. Assim, as três novas variedades desenvolvidas no presente estudo podem proporcionar maior bem estar e satisfação aos participantes do projeto.

O presente trabalho possibilitou o desenvolvimento de três variedades crioulas de milho que ainda são heterogêneas e contém diversidade genética. O enfoque deste estudo foi o desenvolvimento de variedades não uniformes. Aparentemente, no século XXI isto parece uma contradição, em razão do cultivo majoritariamente de variedades altamente uniformes. No entanto, a mentalidade de linha pura foi desenvolvida, "convencido de que a variação era ruim, a uniformidade era boa e os tipos fora do padrão de alguma forma eram imorais"

(HARLAN, 1972). Segundo Harlan (1972), é assim que estamos abertos para epidemias de doenças graves. Posteriormente o Conselho Nacional Pesquisa dos Estados Unidos concluiu que a uniformidade deriva de poderosas forças econômicas e legislativas, mesmo embora seja esperado que a uniformidade genética seja a base da vulnerabilidade a epidemias (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1972). Espera-se, portanto, que além das variações adaptativas contidas nas variedades crioulas desenvolvidas, a diversidade genética em cultivo, com o uso destas variedades, que são geneticamente heterogêneas, contribuam para evitar epidemias bióticas e abióticas. Assim, em tempos de epidemias, é necessário ampliar a escala de uso das práticas que envolvem o aumento da diversidade genética em cultivo (Nodari, 2020).

Agricultores agroecologistas estão obtendo colheitas bem-sucedidas mesmo sob estresses bióticos e abióticos, sem empobrecer o solo e sem contaminar o meio ambiente com agroquímicos (Nodari, 2020). Para isso, além dos princípios e processos agroecológicos, eles usam variedades crioulas e misturas de sementes, bem como sistemas de policultivos.

O MGP também contribui para o resgate do papel histórico dos agricultores na seleção (NODARI et al., 2015). Neste sentido, o presente estudo também contribuiu para resgatar a capacidade inovadora que os agricultores possuem, a qual foi sendo gradativamente substituída pela uniformização tecnológica do modelo da Revolução Verde.

Contudo, resta ainda resolver o problema da contaminação genética pelos transgenes. A manutenção pureza varietal do milho crioulo em uso pelos agricultores, ou seja, sem a introgressão de genes de híbridos GM (geneticamente modificado) proporciona várias alternativas comerciais, entre elas a garantia de comercialização para o mercado de orgânicos. Ao mesmo tempo que a contaminação por transgênicos provoca perda da biodiversidade, causa de prejuízos socioeconômicos aos agricultores.

De acordo com Luna (2001) e Borém & Ramalho (2002), declividade, direção do vento e sincronismo de florescimento entre os genótipos podem influenciar a incidência de fecundação cruzada. Além disso, segundo Aragão (2004), a taxa de fecundação cruzada pode ser afetada ainda pela densidade e o tamanho da população doadora de pólen. Assim, todos esses fatores devem ser levados em consideração na avaliação do fluxo gênico em milho, não somente distância como preconiza a Lei de Biossegurança.

A contaminação genética por transgenes já vem sendo comprovada, em nível de campo, por diversos pesquisadores. Em estudo realizado no Uruguai por Galeano (2010)



avaliou cinco áreas com potencial de cruzamento entre o milho transgênico e o convencional. Em três delas foi comprovada contaminação pela planta transgênica que estava na redondeza. Nas outras duas áreas uma diferença entre datas de plantio ou do pico do florescimento das lavouras evitou o cruzamento ou reduziu-o a quantidades não detectáveis pela amostragem empregada. A confirmação do cruzamento veio de plantas germinadas a partir de sementes colhidas de espigas das plantações convencionais: 0,56% de plantas contaminadas de áreas distantes 40 metros, 0,83% de áreas distantes 100 metros e 0,13% de áreas a 330 metros. Destaca-se que entre as lavouras distantes 100 metros havia uma faixa de 30 metros de eucalipto com árvores com alturas entre 8 e 12 m. Cantelmo et al. (2016) coletaram amostras em 5, 10, 20, 50 e 100 m de distância entre campos convencionais e transgênicos verificaram contaminação de 100% das amostras coletadas a 50 metros e 30% das amostras coletadas a 100 metros.

Na região Oeste Catarinense um estudo teve como objetivo detectar o fluxo gênico mediado por pólen de milho transgênico de milho não GM, e analisar o contexto social de tal contaminação GM, em um sistema modelo em Santa Catarina, Brasil. A proteína Cry1Ab transgênico foi detectado em um campo de milho não-GM utilizando tiras de fluxo lateral, e a presença de elementos de transgênicos foi comprovada por uma Reação em Cadeia da Polimerase da região P35S. Neste caso, a falta de consciência sobre o milho GM e os regulamentos nacionais de convivência é provável que tenha causado o agricultor a plantar milho GM e não-GM com a distância insuficiente. Falta de consciência sobre os regulamentos nacionais de convivência entre os agricultores da região foi confirmada por meio de entrevistas com os agricultores e agrônomos (BJØRGAAS, 2013).

Outro trabalho que teve objetivo de monitorar a contaminação de 157 campos de produção de sementes de milho de pequenos agricultores no estado de Santa Catarina por transgênicos identificou a contaminação em 30 campos. A produção destes campos não foi aproveitada como semente e foi destinada, pelos agricultores, ao mercado local convencional. Comprovando que a contaminação por transgênicos causaram prejuízos econômicos aos agricultores (NERLING, 2014).

## 9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As regiões ricas em agrobiodiversidade, particularmente de variedades crioulas ou locais de milho e outras espécies, como é o caso do oeste de Santa Catarina estão em uma encruzilhada dramática. De um lado, o avanço da área cultivada com variedades transgênicas de milho e, de outro, a estrutura fundiária que não permitem aos agricultores cultivarem suas sementes sem que as mesmas não sejam contaminadas pelos transgenes.

O Poder Público e parte da comunidade científica não só desconsideraram o conhecimento científico na definição de normas de coexistência, mas também deixaram de fiscalizar o cumprimento destas normas. Os impactos perversos são inevitáveis caso os agricultores cultivem suas sementes na época adequada apregoada pelo zoneamento agroclimático, pois a fecundação cruzada com variedades transgênicas é impossível de ser impedida, em razão da proximidade das lavouras de milho em áreas de minifúndio. Assim, este estudo avaliou estratégias de evitar ou minimizar a contaminação genética que incluíram práticas de manejo, como também o desenvolvimento de novas variedades crioulas pelos próprios agricultores, visando enfrentar as ameaças as suas sementes que são reais.

Os resultados demonstraram que existem efeitos na alteração da época de semeadura adequada e da densidade nas distintas características avaliadas de variedades crioulas de milho. No oeste catarinense, a melhor época para semear sementes de variedades crioulas de milho em sistema agroecológico é setembro, época em que as variedades expressaram maior potencial em densidades de 45.000 a 50.000 pl/ha<sup>-1</sup>.

Maior qualidade fisiológica e menor incidência de patógenos bem como atendimento as normas exigidas no Brasil, foram possíveis quando as sementes de variedades crioulas de milho em sistemas agroecológicos foram produzidas na época de semeadura de setembro (início da primavera) em uma densidade de 55.000 pl/ha<sup>-1</sup>. Quando a semeadura é adiada para novembro (meados da primavera), nem todas as variedades crioulas ou todas as densidades de semeadura testadas forneceram sementes de alta qualidade devido aos efeitos adversos da interação genótipo x densidade x época de semeadura.

Testou-se semeadura tardia para evitar o fluxo gênico de variedades transgênicas que normalmente são semeadas em setembro, mas os resultados indicaram penalidades aos produtores de milho crioulo, como diminuição do rendimento e da qualidade das sementes. Igualmente relevante, o atraso na semeadura combinada com distintas densidades não

restituiu o rendimento, nem a qualidade das sementes produzidas na época de semeadura adequada.

Desta forma, os agricultores do oeste catarinense estão condenados a dois cenários: 1) impossibilidade de produzir os rendimentos potenciais de suas variedades sem que ocorra a contaminação de suas sementes por transgenes ou 2) produzir menos, com o consequente maior custo de produção, quanto tentarem minimizar a contaminação genética, ao postergar a semeadura. Dito de outra forma: os que não querem usar a tecnologia dos produtos transgênicos são penalizados independentemente das estratégias de cultivo em regiões de minifúndio e alta diversidade genética. Diante destes resultados, a expectativa que o governo revise as normas de coexistência para o cultivo de variedades transgênicas e não transgênicas para garantir a não ocorrência da contaminação genética.

Neste estudo também foi constatado que os agricultores continuam com a habilidade de melhoristas, que exercitaram ao longo da história da agricultura. Ao praticarem seleção, a partir de populações heterogêneas (por exemplo: progênies de cruzamentos entre variedades crioulas). Isto significa, que os agricultores têm habilidade de observar, selecionar e reproduzir tipos de plantas desejáveis, nas suas próprias variedades crioulas.

Finalmente, ao mesmo tempo em que se torna evidente as potencialidades de uso das variedades crioulas em sistemas agroecológicos, bem como o uso de seus recursos genéticos no melhoramento genético participativo, o presente estudo alertou para o eminente risco de erosão genética uma vez que essas variedades apresentam forte interação com o ambiente em cultivo. Ambiente este que está cada vez mais ocupado com plantas transgênicas, que fatalmente dissemina os indesejáveis transgenes.

Políticas públicas como pagamentos por serviços ambientais, remunerando as perdas dos agricultores e criação de áreas livres de transgênicos tanto pelo controle espacial como pelo controle temporal, poderiam ser adotadas como medidas de conservação *on farm*, incentivando a diversificação. Da mesma forma, o melhoramento participativo proporciona a conservação pelo uso e visibiliza a importância da agrobiodiversidade para a agricultura familiar e camponesa da região e para a soberania alimentar da população.

## Referências

- ALI, Waqar. *et al.* Influence of Sowing Dates on Varying Maize ( *Zea mays* L.) Varieties Grown under Agro-Climatic Condition of Peshawar, Pakistan. **European Journal of Experimental Biology**. v. 8, n. 6, 2018. Disponível em: <http://www.imedpub.com/european-journal-of-experimental-biology/> Acesso em: 01 fevereiro 2019.
- ALLARD, R.W. **Principles of Plant Breeding**. 2. ed. John Wiley, New York, NY: Willey, 1999. 284 p.
- ALMEKINDERS, Conny. *et al.* **Bringing Farmers Back into Breeding. Experiences with Participatory Plant Breeding and Challenges for Institutionalization**. Agromisa Special 5, Wageningen, 2006. 130 p.
- ALTIERI Miguel A. *et al.* Agroecology and the design of climate change-resilient farming systems. **Agron. Sustain. Dev.** v. 35, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s13593-015-0285-2>. Acesso em: 01 julho 2019.
- ALTIERI, Miguel A. **Agroecologia: as bases científicas da agricultura alternativa**. Rio de Janeiro: PTA/FASE, 1989. 237 p.
- ALTIERI, Miguel A. **Agroecologia: a dinâmica produtiva da agricultura sustentável**. 4. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2004. 120 p.
- ALVES Carla Xavier. *et al.* Teor de macro e micronutrientes e potencial fisiológico de sementes em genótipos crioulo e melhorado de feijão. **Colloquium Agrariae**, v. 14, n.1, 2018. Disponível em: <https://journal.unoeste.br/index.php/ca/article/view/1802>. Acesso em: 24 março 2019.
- ALVES E.N.T.D. *et al.* Alternativas de Controle para Redução de Grãos Ardidos na Cultura do Milho. Artigo de periódico Embrapa Milho e Sorgo, 2013.
- ALVIM, P.O. **Viabilidade e conservação de grãos de pólen de milho**. 2008. 59 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.
- AMORIM, F. A. *et al.* Época de semeadura no potencial produtivo de soja em Uberlândia - MG. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 1, p. 1793-1802, 2011.
- ANTUNES, I. F., BEVILAQUA, G. A. P.. **Partitura de Biodiversidade – PBio – Uma nova alternativa para ampliar a base genética de espécies cultivadas e promover a segurança alimentar**. SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE RECURSOS GENÉTICOS PARA AMÉRICA LATINA Y CARIBE, 7, 2009, Pucón, Chile. Proceedings ..., Santiago de Chile, Ministério de Agricultura, Instituto de Investigaciones Agropecuarias, 2009. 1 CD-ROM., 2009.
- ARAGÃO, F.J.L. Organismos geneticamente modificados: impacto do fluxo gênico. In: **Genômica**. São Paulo: Atheneu, 2004. p.767-783.

ARAÚJO, Alisson Vinicius de. *et al.* Desempenho agrônômico de variedades crioulas e híbridos de milho cultivados em diferentes sistemas de manejo. **Rev. Ciênc. Agron.** v.44, n.4, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1806-66902013000400027>. Acesso em: 25 maio 2020.

BALBINOT JR Alvadi *et al.*, Densidade de plantas em variedades de polinização aberta de milho, **Revista de Ciências Agroveterinárias**. v.6, n.2, 2007. Disponível em: <http://www.revistas.udesc.br/index.php/agroveterinaria/article/view/5365/3570>. Acesso em: Set. 24, 2017.

BALBINOT JR Alvadi et al. Contribuição de componentes de rendimento na produtividade de grãos em variedades de polinização aberta de milho. **Revista Brasileira de Agrociência**. v. 11, n. 2, 2005. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.18539/cast.v11i2.1184> Acesso em: 25 agosto 2019.

BARROS, Luciane Bertoletti et al. Phenotypic, additive genetic and environment correlations of maize *landraces* populations in family farm systems. **Sci. agric.** (Piracicaba, Braz.), Piracicaba, v. 67, n. 6, 2010. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-90162010000600010&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-90162010000600010&lng=en&nrm=iso). Acesso em: 27 fevereiro 2021.

BELLON, M.R.; BRUSH, S.B. Keepers of maize in Chiapas, Mexico. **Economic Botany**, v. 48, n.2, p. 196-209. 1994.

BERGAMASCHI, H. *et al.* Déficit hídrico e produtividade na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 2, p. 243-249, fev. 2006.

BERTOLDO, J.G. et al. Agronomic potential of genebank landrace elite accessions for common bean genetic breeding. **Scientia Agricola**, v. 71, n. 2, p. 120-125, 2014.

BEVILAQUA, Gilberto Antonio Peripolli *et al.* Desenvolvimento in situ de cultivares crioulas através de agricultores guardiões de sementes. **Cadernos de Agroecologia**, v. 4, n. 1, 2009. Disponível em: <http://revistas.aba-agroecologia.org.br/index.php/cad/article/view/3840>. Acesso em: 16 janeiro 2019.

BINIMELIS R. Coexistence of plants, coexistence of farmers: Is an individual choice possible? **Journal of Agricultural and Environmental Ethics**, v. 21, p. 437-457, 2008.

BJØRGAAS, Hanna Hagen. Case study from Santa Catarina, Brazil: GM contamination detected in maize variety. **Cadernos de Agroecologia**, v. 8, n. 2, 2013. Disponível em: <http://revistas.aba-agroecologia.org.br/index.php/cad/article/view/14013>. Acesso em: 13 dezembro 2019.

BORÉM, A.; RAMALHO, M.A.P. Escape gênico e impacto ambiental. **Biociência**, v.5, p.44-47, 2002.

BORNHOFEN, E. et al. Épocas de semeadura e desempenho qualitativo de sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 45, n. 1, p. 46-55, 2015.

BRASIL Lei Nº 10.831, de 23 de dezembro de 2003. Dispõe sobre a agricultura orgânica e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, Seção 1, 2003, p. 8.

BRASIL. Ministério da Agricultura e reforma Agrária. Regras para análises de sementes. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 2009. 398p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 45/2013. Padrões de identidade e qualidade para produção e comercialização de sementes, de 17 de set. 2013. Diário Oficial da União, Brasília, 18 set. 2013.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: Mapa/ACS, 395p. 2009.

BRASIL. Portaria nº 11. Estabelece critérios complementares para classificação do milho. Diário Oficial da União, Brasília, DF, Nº 72.12 de abril de 1996.

BRIEGER, F. G.; GURGEL, J. T. A.; PATERNIANI, E.; BLUMENSCHNEIN, A.; ALLEONI, M. R.. **Races of maize in Brazil and other eastern South American countries**. National Academy of sciences. Washington, 1958, p.283

BRUSH, S.B. **Genes in the field – On farm conservation of crop diversity**. Rome: IPGRI-CRC Press, 2000, p.288

BÜLL, T.L. & CANTARELLA, H. **Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: Potafos, 1993, p.301

BURG, Inês Claudete. *et al.* Os papéis de gênero na conservação on farm de variedades crioulas na região Oeste do estado de Santa Catarina. Brasil. In: CONGRESSO LATINOAMERICANO DE AGROECOLOGIA - SOCLA, 5, La Plata. Memórias. 2015.

CANCI, Adriano et al. **A diversidade das espécies crioulas em Anchieta – SC: Diagnóstico, resultado de pesquisa e outros apontamentos para a conservação da agrobiodiversidade**. São Miguel do Oeste: Mclee, 2004.

CANCI, Adriano et al. Uso e manejo de variedades locais de milho em Anchieta. Artigo. **Revista Agriculturas**. v. 4, n. 3, 2007. Disponível em: <<http://aspta.org.br/files/2014/10/Artigo-9-Uso-e-manejo-de-variedades-locais-de-milho-em-Anchieta-SC.pdf>> Acesso em: 22 abril 2017.

CARON, Braulio Otomar *et al.* Elementos meteorológicos sobre características morfológicas e produtivas do milho em diferentes épocas de semeadura. **Científica**. v. 45, n. 2, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.15361/1984-5529.2017v45n2p105-114> Acesso em: 22 março 2019.

CÉLERES. **Informativo de Biotecnologia CÉLERES**. Editor: Anderson Galvão. PDF. Empresa Celeres de Consultoria. Uberlândia – MG, Nov. 2019. Disponível em: <[www.celeres.com.br](http://www.celeres.com.br)> Acesso em: 20 maio 2020.

CLEMENT, Charles R. et al. Conservação on farm. In: **Recursos genéticos Vegetais**. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2007.

COELHO, Antonio Eduardo *et al.* Sanidade de híbridos de milho em função da época de semeadura, doses de N em áreas com e sem rotação de culturas. **Colloquium Agrariae**, v. 15, n. 2, 2019. Disponível em: <https://revistas.unoeste.br/index.php/ca/article/view/2587> Acesso em: 21 maio 2020.

COELHO, Cileide Maria Medeiros et al. Potencial fisiológico em sementes de cultivares de feijão crioulo (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, v.32, n.3, 2010. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222010000300011> Acesso em: 04 junho 2018.

COSTA, Flaviane Malaquias, et al. Maize diversity in southern Brazil: indication of a microcenter of *Zea mays* L. **Genetic Resources and Crop Evolution**. v. 64, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10722-016-0391-2> Acesso em: 30 maio 2018.

COSTA FM. **Diversidade genética e distribuição geográfica: uma abordagem para a conservação on farm e ex situ e o uso sustentável dos recursos genéticos de milho do Oeste de Santa Catarina**. Dissertação (Mestrado em Recursos Genéticos Vegetais) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

COSTA, R. V. da *et al.* Cultivares de milho afetadas pela época de semeadura na safrinha em Tocantins. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 16, n. 3, p. 469-480, 2017.

CRUZ, J. C. *et al.* Avaliação de variedades de milho em diferentes densidades de plantio em sistema orgânico de produção. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.1, n.1, 2006.

CRUZ, José. C. *et al.* Cultivo de Milho: Plantio. **Embrapa Milho e Sorgo**. Sistema de Produção 1. Versão Eletrônica. 6 ed. Setembro, 2010. Disponível em [http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho\\_6\\_ed](http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_6_ed) Acesso em: 02 abril 2016.

CRUZ, José. C. *et al.* Produção de milho orgânico na agricultura Familiar. **Circular Técnica 81**, Embrapa-CNPMS, 2006. 17p.

DE BOEF, W.S. *et al.* Estratégias de conservação em unidades de produção familiares. In: **Biodiversidade e Agricultores: Fortalecendo o manejo comunitário**. Porto Alegre, RS L&PM, 2007.

ELIAS, H.T *et al.* Supply and demand of corn and the development of the production chains of meat in the state of Santa Catarina. **SOBER**. Ilhéus, Jul 2019.

FALCÃO, R.F. *et al.* Avaliação de populações de polinização livre, variedades comerciais e crioulas de milho em dois municípios de Alagoas. **Cultura Agrônômica**, v.26, n.4, p.611-624, 2017.

GALEANO, P. et al. Cross-fertilization between genetically modified and non-genetically modified maize crops in Uruguay. **Environmental Biosafety Research**, v. 9, n. 3, p. 147-154, 2010.

GROBMAM, A. *et al.* **Races of maize in Peru, their origins, evolution and classification.** Washington. National Academy of Sciences/National Research Council. 1961. 374p.

GUIMARÃES, A. G. *et al.* Seleção de genótipos superiores de milho para cultivo no município Couto de Magalhães de Minas - MG. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 9, n. 2, 2019.

GUSSON, M. F. Melhoramento de milho em experiência participativa. In: **Milho Crioulo: conservação e uso da biodiversidade.** Rio de Janeiro: AS-PTA, 1998. p. 185.

HALLAUER, A. R. Evolution of plant breeding. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 11, p. 197-206, 2011.

HARLAN, J.R. Genetics of disaster. **Journal of Environment Quality**, v. 1, n. 3, p. 212-215, 1972.

HARRIS, R. E., MOLL, R. H.; STUBER, C. W. Control and Inheritance of Prolificacy in Maize 1. **Crop Science**, v. 16, n. 6, p. 843–850, 1976.

HENNING, F. A. *et al.* Qualidade sanitária de sementes de milho em diferentes estádios de maturação. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33 n. 2, p. 316-321, 2011.

HERNANDEZ, J.A.S. El origen y la diversidad del maíz em el continente amerirano. Universidad Autónoma de la Ciudad de México. **Greenpeace**. 2º Ed. Septiembre - 2012. Disponível em: [https://issuu.com/greenpeacemexico/docs/origen\\_del\\_maiz\\_/39](https://issuu.com/greenpeacemexico/docs/origen_del_maiz_/39) Acesso em: 02 agosto 2017.

IBPGRI. Descriptors for maize. International Maize and Wheat Improvement Center, Mexico City/International Board for Plant Genetic Resources, Rome, 1991.

JAUREGUYA, L. M. *et al.* Planting date and delayed harvest effects on soybean seed composition. **Crop Science**, v. 53, n. 5, p. 2162-2175, 2013.

KANDIL, A. A. *et al.* Maize Hybrids Yield as Affected by Inter and Intra Row Spacing. **International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology**, v. 2, Mar-Apr-2017.

KANDIL, A. A. *et al.* Performance of some promising genotypes of soybean under different planting dates using biplots analysis. **Journal of Basic & Applied Sciences**, v. 8, n. 2, p. 379-385, 2012.

KANDIL, E. E. E. Determine Independent Population Density for Each Maize Hybrid (ZEA MAYS L.). **International Conference on Agriculture and Biotechnologyb IPCBEE**. v. 79, 2014.

LACEY, H. **Seeds and the Knowledge They Embody.** Peace Review: A Journal of Social Justice v. 12, n. 4, p. 563–569, 2000.



LONNQUIST, J.H., Peterson, C.P. Mass selection for prolificacy in maize. *Züchter / Genet. Breed. Res.* v. 37, p. 185–188, 1967.

LUNA, V.S. et al. Maize pollen longevity and distance isolation requirements for effective pollen control. *Crop Science*, v.41, p.1.551-1.557, 2001.

MACHADO A.T. et al. Manejo da diversidade genética e melhoramento participativo de milho em sistemas agroecológicos. *Revista Brasileira de Agroecologia*. v. 6, n. 1, p. 127-136. 2011.

MACHADO, A. T. *et al.* **A agrobiodiversidade com enfoque agroecológico: implicações conceituais e jurídicas.** Texto para discussão 34. ISSN 1677-5473. Embrapa Informação Tecnológica. Brasília, DF: 2008b.

MACHADO, A. T. *et al.* Sistematização e descrição dos resultados de pesquisa participativa em milho. In: **Manejo sustentável da agrobiodiversidade nos Biomas Cerrado e Caatinga com ênfase em comunidades rurais.** Embrapa Cerrados. Planaltina – DF. 2011.

MACHADO, A. T. Parceria entre órgãos públicos e comunidades agrícolas. In: **Milho Crioulo: conservação e uso da biodiversidade.** Rio de Janeiro: AS-PTA, 1998.

MACHADO, A. T. et al. Mejoramiento participativo en maíz; su contribución: en el empoderamiento comunitario en le municipio de Muqui, Brasil. *Agronomía Mesoamericana*, v. 17, n. 3, p. 393-405, 2006.

MACHADO, Altair Toledo e FERNANDES, Manlio Silvestre. Participatory maize breeding for low nitrogen tolerance. *Euphytica*, v. 122, 2001. Disponível em: <https://doi.org/10.1023/A:1017543426136> Acesso em: 21 janeiro 2018.

MACHADO, A.T.; MACHADO, C. T. T. Estratégias de Melhoramento Participativo de Milho em Sistemas Agroecológicos. CONGRESSO LATINOAMERICANO DE AGROECOLOGIA, 2, dez. 2009. *Revista Brasileira de Agroecologia*, [S.l.], v .4, n. 2, 2009.

MACHADO, Altair Toledo et al. **Manejo da diversidade genética do milho e melhoramento participativo em comunidades agrícolas nos estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo.** Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento. N° 32. ISSN 1676 – 918X. Embrapa. Planaltina, DF, 2002.

MACHADO, A.T.; Manejo dos recursos vegetais em comunidades agrícolas. In: **Recursos Genéticos Vegetais.** EMBRAPA. Brasília D.F. 2007. p.858

MACHADO, A. T. et al. Cruzamento Intervarietais de Milho Avaliados em esquema Dialélico Parcial. Artigo. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.7, n.3, p. 291-394, 2008.

MAPA. Ministério da Agricultura, pecuária e Abastecimento. ZARC – Zoneamento Agrícola de Risco Climático. Disponível em: <http://indicadores.agricultura.gov.br/zarc> Acesso em: 24 maio 2020.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495 p.

MARTIN, Bruna Cavinatti *et al.* Potencial fisiológico das sementes de genótipos de milho produzidas em sistema orgânico. **Revista Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente**. v. 7, n. 1, 2018. Disponível em: Doi: <http://dx.doi.org/10.4322/2359-6643.07108> Acesso em: 23 maio 2019.

MARTIN, Thomas Newton *et al.* Questões relevantes na produção de sementes de milho - primeira parte. **Revista da FZVA**. Uruguaiana, v.14, n.1, 2007. Disponível em: <http://revistaseletronicas.pucrs.br/ojs/index.php/fzva/article/view/2483/1942> Acesso em: 19 fevereiro 2020.

MATSUOKA, Yoshihiro *et al.* A single domestication for maize shown by multilocus microsatellite genotyping. **Biological Sciences – 103 Evolution**. v. 99, n. 9, 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.1073/pnas.052125199> Acesso em: 19 fevereiro 2020.

MAXTED, N. *et al.* A practical model for in situ genetic conservation – complementary conservation strategies. In: **Plant Genetic Conservation**. London: Chapman e Hall, 1997. p.339-367.

MENDES, Marcelo Cruz *et al.* Sanitary quality of corn grains with and without in-field inoculation with corn ear rot causing fungi. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 5, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000500010> Acesso em: 22 abril 2018.

MENDES-MOREIRA, Pedro *et al.* Maize participatory breeding in Portugal: Comparison of farmer's and breeder's on-farm selection. **Plant Breeding**, v. 136, n. 6, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/pbr.12551> Acesso em : 22 junho 2019.

MEOTTI, Giovani Vanin. *et al.* Épocas de semeadura e desempenho agrônômico de cultivares de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 1, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2012000100003>. Acesso em: 12 fevereiro 2019.

MERCER, Kristin L. e PERALES, Hugo. Structure of local adaptation across the landscape: flowering time and fitness in Mexican maize (*Zea mays* L. subsp. *mays*) *landraces*. **Genet Resour Crop Evol**. Out. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10722-018-0693-7>. Acesso em: 12 abril 2020.

Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Descritores Mínimos do Milho (*Zea mays* L.)**. Publicado em 05/11/1997. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/vegetal/registrosautorizacoes/protecaocultivares/formularios-protecao-cultivares>. Acesso em: 04 abril 2016.

MORRIS, Michel L. e BELLON, Mauricio R. Participatory plant breeding research: opportunities and challenges for the international crop improvement system. **Euphytica**, v. 136, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1023/B:EUPH.0000019509.37769.b1> Acesso em: 23 janeiro 2018.

MUNARINI, A. **Avaliação de híbridos intervarietais de milho em sistemas de produção camponesa de Santa Catarina**. 2013. 106 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Genéticos Vegetais) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Genetic vulnerability of major crops. Washington, DC, National Academy of Sciences. 1972.

NERLING, Daniele *et al.* Conservação e multiplicação de sementes crioulas e varietais pelos camponeses do Movimento dos Pequenos Agricultores de Santa Catarina. In. CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROECOLOGIA, 8, 2013, Porto Alegre. **Cadernos de Agroecologia**, [S.l.], nov. 2013.

NERLING, Daniele et al. Diversidade genética para qualidade fisiológica de sementes produzidas por cruzamentos intervarietais de milho (*Zea mays* L.). **Journal of Seed Science**, v.35, n.4, 2013. <https://doi.org/10.1590/S2317-15372013000400006>. Acesso em: 25 maio 2019.

NERLING, Daniele et al. Contaminação genética de campos de produção de sementes de milho por transgênicos. In. SEMINÁRIO DE AGROECOLOGIA DO DISTRITO FEDERAL E ENTORNO, 4, 2014, Brasília – DF, **Cadernos de Agroecologia**, [S.l.], dec. 2014.

NOAL, Gisele *et al.* Ponto de colheita de sementes de cultivares crioulas de milho no Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**. Recife, v. 19, n. 2, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.12661/pap.2014.012> Acesso em: 23 abril 2018.

NODARI, R.O. In the Time of Many Epidemics, is it also the Time to Restore the Cropping Genetic Diversity? **Modern Concepts & Developments in Agronomy**, v. 6, n. 2, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.31031/MCDA.2020.06.000635> Acesso em: 23 setembro 2020.

NODARI, R.O. et al. As inovações e os benefícios geradas pelo melhoramento genético participativo. In: **Agrobiodiversidade**. Brasília, DF, 2015. v.2, p. 81-102.

NODARI, Rubens Onofre e GUERRA, Miguel Pedro. A agroecologia: Estratégias de pesquisa e valores. **Estudos Avançados**. v. 29, n. 85, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142015000100010>. Acesso em: 20 junho 2018.

NODARI, Rubens Onofre e GUERRA, Miguel Pedro. Impactos ambientais das plantas transgênicas: as evidências e as incertezas. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, v. 2, n. 3, 2001. Disponível em: [http://files.biotec-ufam.webnode.com/200000008-95cc096c5b/impactos\\_ambientais\\_de\\_pls\\_transgenicas.pdf](http://files.biotec-ufam.webnode.com/200000008-95cc096c5b/impactos_ambientais_de_pls_transgenicas.pdf) Acesso em: 13 maio 2018.

OCDE - Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico. Concentration in seed markets: potential effects and policy responses. Paris: OECD Publishing, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1787/9789264308367-en>. Acesso em 12/02/2021.

PAIVA, Rosenilda Santos de Almeida. *et al.* Resposta do milho crioulo às diferentes densidades populacional nas condições edafoclimáticas do Sertão Paraibano. **ACSA**. v. 11, n.

1, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.30969/acsa.v11i1.538> Acesso em: 23 junho 2018.

PEREIRA, José Luiz Andrade R. *et al.* Cultivares, doses de fertilizantes e densidades de semeadura no cultivo de milho safrinha. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 3, 2009. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542009000300003> Acesso em: 25 setembro 2019.

PIANA, Alexandre Tadeu *et al.* Densidade de plantas de milho em semeadura precoce no Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, v. 38, 2008. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S010384782008000900032&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010384782008000900032&lng=pt&nrm=iso) Acesso em: 13 novembro 2019.

PRETE, C.E.C.; GUERRA, E.P. Qualidade fisiológica de sementes. In: **Melhoramento genético de plantas**. Londrina, UEL. p. 659-674, 1999.

QUEIROZ, Talita Neres *et al.* Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de variedades tradicionais de milho. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**. v. 17, n. 1, 2019. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.5892/ruvrd.v17i1.5130> > Acesso em: 21 abril 2020.

R CORE TEAM. R. A language and environment for statistical computing. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria. 2020 Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 25 janeiro 2020.

RAHMAN, M. M.; RAHMAN, M. M.; HOSSAIN, M. M. Effect of sowing date on germination and vigour of soybean (*Glycine max* (L.) Merr) seeds. **The Agriculturists**, Bangladesh, v. 11, n. 1, p. 67-75, 2013.

RIBEIRO, C.B. *et al.* Contribuição dos Caracteres Vegetativos e Reprodutivos da Planta de Milho para a Heterose na Produção de Grãos. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**. v. 13, n. 1, p. 59-68, 2014.

RITCHIE, S. W. *et al.* **How a corn plant develops**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, Cooperative Extension Service, Special Report, 48. 1993. 21 p.

ROMANO, M. R. *et al.* Desempenho de cinco variedades de milho crioulo em diferentes sistemas de produção. V CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROECOLOGIA, 5, 2007. **Rev. Bras. de Agroecologia**. v. 2, n. 2, set. 2007.

SANGOI, L. *et al.* Área foliar e rendimento de grãos de híbridos de milho em diferentes populações de plantas. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 6, n. 3, p. 263-271, 2007.

SANGOI, L. *et al.* Estratégias de manejo do arranjo de plantas visando otimizar a produtividade de grãos do milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.18, n.1, p. 47-60, 2019.

SANGOI, L. *et al.* Incidência e severidade de doenças de quatro híbridos de milho cultivados com diferentes densidades de plantas **Ciencia Rural**, v. 30, n. 1, p. 17-21, 2000.

SANGOI, L. et al. Arranjo de plantas e desempenho agrônômico do milho. In: **A cultura do milho em Santa Catarina**. Florianópolis. p. 85-119, 2016.

SANS, L. M. A. e GUIMARÃES, D. P. Cultivo de Milho: época de plantio de milho. **Embrapa Milho e Sorgo**. Sistema de Produção 1. Versão Eletrônica. 6 ed. Setembro, 2010. Disponível em: [http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho\\_6\\_ed](http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_6_ed) Acesso em: 22 abril 2016.

SANTOS, Karine Louise dos et al. Participatory research with stimulating the breeding process for a native fruit species. **Agroecology and Sustainable Food Systems**, v. 42, n.4, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/21683565.2017.1373383> Acesso em: 23 maio 2019.

SAS INSTITUTE INC. SAS® University Edition: Installation Guide for Windows. Cary, NC. 2014.

SEBRAE. Agricultura orgânica: Cenário brasileiro, tendências e expectativas. **Artigos**. on line. 2018. Disponível em: <https://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/o-que-e-agricultura-organica,69d9438af1c92410VgnVCM100000b272010aRCRD> Acesso em: 22 fev. 2020.

SHIFERAW, Bekele. et al. Crops that feed the world 6. Past successes and future challenges to the role played by maize in global food security. **Food Security**, v. 3, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12571-011-0140-5> Acesso em: 19 outubro 2019.

SHULL, George Harrison. The Genotypes of Maize. **The American Naturalist**, v. 45, n. 532, 1911. Disponível em: <https://www.journals.uchicago.edu/doi/abs/10.1086/279207> Acesso em: 22 maio 2017.

SMITH, M.E. et al. Participatory plant breeding with maize in Mexico and Honduras. **Euphytica** v. 122, 2001. Disponível em: <https://doi.org/10.1023/A:1017510529440> Acesso em: 22 abril 2020.

SOUZA JÚNIOR, C. L. Melhoramento de espécies alógamas. In: **Recursos genéticos e melhoramento de plantas**. Rondonópolis: Fundação MT, 2001.

SUBEDI, A. *et al.* Manejo comunitário da Agrobiodiversidade. In: **Biodiversidade e Agricultores: Fortalecendo o manejo comunitário**. Porto Alegre, 2007. v. 1, p. 139 - 213.

TESTA, V. M.; SILVESTRO, M. L. Situação e perspectivas socioeconômicas para o milho. In: **A cultura do milho em Santa Catarina**. Florianópolis, 2010. v. 1, p. 7-45.

THOMÉ, V. M. R. et al. Zoneamento agrícola para a cultura do milho em Santa Catarina. Florianópolis: Epagri, 1997.

UATE, Joaquim Vicente *et al.* Épocas de semeadura e distribuição espacial de plantas na produção de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.14, n.3, 2015. Disponível em: <http://rbms.cnpms.embrapa.br/index.php/ojs/article/view/509> Acesso em: 25 setembro 2019.

VAZ PATTO, Maria Carlota et al. Genetic diversity evolution through participatory maize breeding in Portugal. **Euphytica** v. 161, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10681-007-9481-8> Acesso em: 24 julho 2019.

VIEIRA, Eduardo Alano *et al.* Sweet cassava cultivars with yellow or cream root pulp developed by participatory breeding. **Crop Breed. Appl. Biotechnol.** v.18, n. 4, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1984-70332018v18n4c67> Acesso em: 22 maio 2019.

WITCOMBE, J. et al. Participatory plant breeding in maize: A case study from Gujarat, India. **Euphytica**, v. 130, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.1023/A:1023036730919> Acesso em: 24 abril 2018.

ZEVEN, A.C. Landraces: A Review of definitions and classifications. *Euphytica*, v. 104, 1998. Disponível em: <https://doi.org/10.1023/A:1018683119237> Acesso em: 23 abril 2017.

**APÊNDICE I : ARTIGO PUBLICADO NA REVISTA CIÊNCIA RURAL**



## Effect of sowing time and density for vegetative and reproductive traits of genotypes of maize landrace in an agroecological system

Anderson Munarini<sup>1,2\*</sup> Rubens Onofre Nodari<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Programa de Pós-graduação em Recursos Genéticos Vegetais, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, SC, Brasil.

<sup>2</sup>Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), 88034-001, Florianópolis, SC, Brasil. E-mail: andermipa@gmail.com. \*Corresponding author.

**ABSTRACT:** Family farmers preserve the tradition of cultivating maize landrace varieties because these plants have characteristics that hybrids lack. The greatest challenge in conserving in situ on-farm genetic diversity is avoiding gene flow and genetic introgression of transgenes to landrace varieties. Thus, farmers are obliged to change sowing times to guarantee temporal isolation since most farms are small, making spatial isolation impossible. The objective of the present work was to evaluate the behavior of maize landrace varieties submitted to different sowing times and densities in an agroecological system. The test was conducted in sub-sub-divided plots, where the main plot was represented by the sowing time, the sub-plot by the genotype, and the sub-sub-plot by the density, with three replications, for two consecutive years. The results demonstrate the effect of sowing time and density on the characteristics evaluated. In western Santa Catarina, the best time to sow seeds of maize landrace varieties in an agroecological system is in September, which is when the varieties expressed the greatest potential at densities from 45,000 to 50,000 pl.ha<sup>-1</sup>, but it will not avoid transgene contamination.

**Key words:** *Zea mays ssp. mays L.*, in situ on-farm conservation, genotype x environment interaction, grain productivity.

### Efeito de época e densidade de semeadura nas características vegetativas e reprodutivas em genótipos de variedades crioulas de milho em sistema de base agroecológica

**RESUMO:** Famílias camponesas preservaram a tradição do cultivo das variedades crioulas de milho estimuladas por características que os híbridos não apresentam. Sendo, o maior desafio para a conservação da diversidade genética in situ on farm evitar o fluxo gênico e a introgressão genética de transgenes nas variedades crioulas. Nesse sentido, os agricultores são obrigados a alterar épocas de semeadura para garantir isolamento temporal uma vez que a maioria das áreas é pequena inviabilizando o isolamento no espaço. O objetivo do presente trabalho foi avaliar o comportamento de variedades crioulas de milho em sistema de base agroecológica submetidas às diferentes épocas e densidades de semeadura. No ensaio conduzido em parcelas sub-sub-divididas, a parcela principal foi representada pela época, a sub-parcela pelo genótipo e a sub-sub-parcela pela densidade, com três repetições, por dois anos consecutivos. Os resultados demonstraram efeito de época e densidade de semeadura nas características avaliadas. É possível indicar que a época mais adequada para semeadura de variedades crioulas de milho em sistema de base agroecológica é em setembro para o oeste de Santa Catarina, sendo que para essa época as variedades expressaram maior potencial de produtividade de grãos na faixa de densidade de 45000 a 50000 pl.ha<sup>-1</sup>, mas não impedirá a contaminação por transgene.

**Palavras chave:** *Zea mays ssp mays L.* Conservação in situ on farm, interação genótipo x ambiente, produtividade de grãos.

### INTRODUCTION

Maize, an American cereal originally from Mexico, has been selected and dispersed by different people and today is cultivated in most countries. Since Europeans arrived in America, maize has been one of the most important cereals to humanity as a food for people and other animals. Today, it is one of the main sources of proteins and carbohydrates for humans in many Latin American and African countries (SHIFERAW et al., 2011).

A great diversity of maize has been created over time from variants that emerged and were recombined and selected in distinct environments. HERNANDEZ (2012) compiled data from studies in all American countries and listed approximately 300 maize races. According to GROBMAM (1961), this diversity is explained by the numerous environments that maize is cultivated in association with mutations, hybridizations and the strong intentional selection process made by indigenous and traditional peoples.





Genetic improvement practices used by seed improvement and breeding companies have brought cultivars of maize hybrids to market that spread rapidly since the 1960s due to incentives given to farmers (i.e., technical assistance and financing). Later, transgenic hybrid maize cultivars came to dominate the maize seed market and in 2019 comprised more than 88.9% of the area planted with maize in Brazil (CÉLERES, 2019).

However, many family farmers preserve the tradition of cultivating maize landrace varieties (NERLING et al., 2013). Recently, a diversity census was conducted in western Santa Catarina State that identified 1,513 maize landraces conserved by family farmers, including 1,078 popcorn, 337 common maize, 61 sweet maize and 37 flour maize varieties, representing expressive phenotypic diversity and use, as well as the presence of wild relatives (COSTA, F. M. et al., 2017).

The existing genetic diversity in the landrace varieties allowed natural selection and selection practiced by farmers that promoted adaptation to different environments, even far from domestication centers where characteristic properties were developed and fixed in different genotypes, many of which are not found in other regions or the region of origin (NODARI & GUERRA, 2015).

Studies show the technical and economic feasibility of producing maize landrace varieties in agroecological systems. However, adjustments in crop management are still needed to improve the efficiency of the system (ALTIERI et al., 2012). For example, the arrangement of maize plants can be manipulated by changing the number of plants per area. The best arrangement of plants in the field is that which allows the best use of light, water and nutrients by the maize cultivar (ROMANO et al., 2007).

Sowing time of maize affects yield, although it does not affect production cost. The different responses of genotypes to environmental variability means that genotypic and environmental effects are not independent. Thus, to know the best sowing time, it is important to analyze the entire crop cycle so all the environmental conditions during the phenological phases can be predicted (FORSTHOFER et al., 2006).

In addition, there are not enough scientific data that farmers could use to manage landrace sowing time and density to preserve the landrace identity and to obtain high productivity. Therefore, the objective of the present work was to evaluate maize landrace varieties submitted to different sowing times and densities in an agroecological system.

## MATERIALS AND METHODS

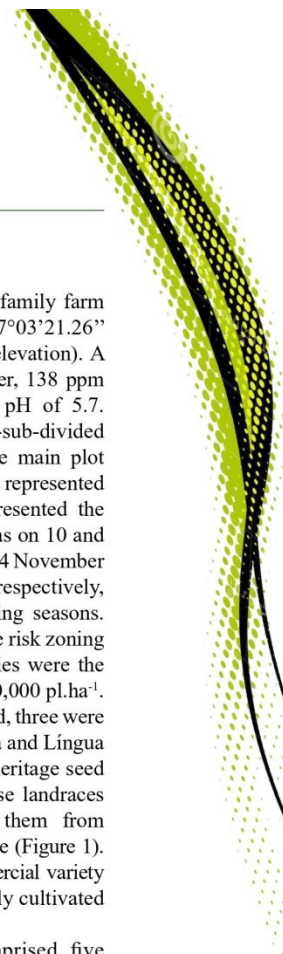
The tests were installed on a family farm in the municipality of Chapecó, SC (27°03'21.26" S, 52°40'07.13" W, average of 690 m elevation). A soil analysis showed 3.7% organic matter, 138 ppm potassium, 4 ppm phosphorous and a pH of 5.7. The experiment was conducted in sub-sub-divided plots, with three replications, where the main plot represented the sowing time, the sub-plot represented the genotype and the sub-sub-plot represented the sowing density. The first sowing time was on 10 and 12 September, the second was on 11 and 14 November and the third was on 14 and 15 January, respectively, of the 2016/2017 and 2017/2018 growing seasons. All of the times were based on the climate risk zoning for the crop (MAPA, 2015). The densities were the following: 25,000; 40,000; 55,000 and 70,000 pl.ha<sup>-1</sup>.

Of the four maize varieties used, three were landraces called Branco Precoce, Taquara and Língua de Papagaio, which were cultivated by heritage seed farmers in western Santa Catarina. These landraces have characteristics that differentiate them from others, such as cycle, height and grain type (Figure 1). The fourth was an open pollinated commercial variety called SCS 155 Catarina that is commonly cultivated in Santa Catarina State.

The experimental unit comprised five rows, 5 m long and spaced 0.7 m apart, of which the area used was the central 3 rows, totaling 10.5 m<sup>2</sup>. At the time of sowing, the seeds were evenly distributed in the furrows with twice as many seeds as necessary to obtain the four desired plant densities. When the plants were in stage V2 of the RITCHIE et al. (1993) scale, thinning was conducted to get the desired plant populations, according to the treatments of each plot.

In the tests, it was used 1800 kg ha<sup>-1</sup> of organic compost fertilizer containing poultry litter (Ferticel). Manual weeding was used to control invasive plants. The control of lepidoptera was performed 30 days after emergence in all plots of the sowing times of November and January, when level of economic damage was reached (CRUZ & TULPIN, 1982), with the spray of 500 g/ha of Bac-Control Max WP, a product based on *Bacillus thuringiensis* that has bioinsecticidal activity.

The following was determined in the area used in the plots according to the minimum descriptors of the crop (IBPGRI, 1991): male flowering, female flowering, plant height and cob height. The percentage of lodged plants, broken plants and the stem diameter were determined according to SANGOI et al. (2000).



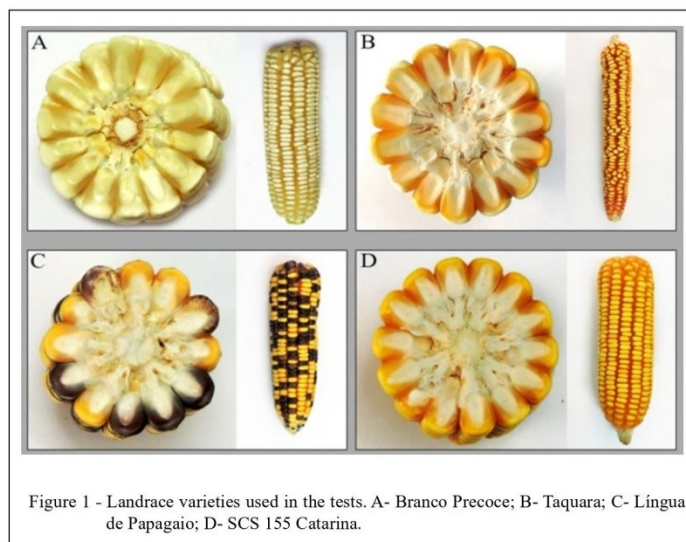


Figure 1 - Landrace varieties used in the tests. A- Branco Precoce; B- Taquara; C- Língua de Papagaio; D- SCS 155 Catarina.

Grain productivity, adjusted to  $\text{ton}\cdot\text{ha}^{-1}$ , was determined according to UATE et al. (2015).

Analyses of variance were made individually per year and with the combined data of both years. The F values for the main effects and interactions were considered significant at the 5% ( $P>0.5$ ) significance level. When significant, the mean plant densities were compared with a regression analysis, testing the linear and quadratic models. The means of the genotypes and sowing times were compared with the Tukey test. The two analyses of the means were made at the 5% significance level. The statistical analyses were made using the program R.

## RESULTS AND DISCUSSION

Differences were found for the evaluated characteristics between genotypes, sowing times and growing seasons and, for this reason, the averages are presented individually for each year. In addition, statistically simple interactions for all characteristics evaluated and the triple for grain productivity were observed.

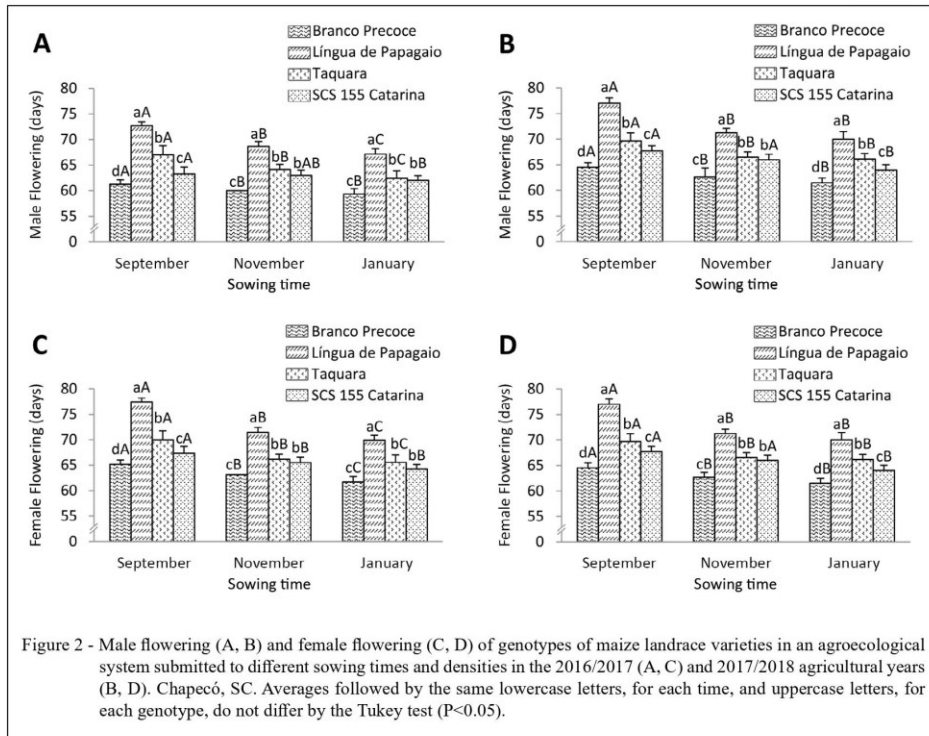
There was no effect of the different crop densities for male and female flowering of the landrace genotypes evaluated. In all, the emission of male flowers occurred before the female flowers because maize plants are protandrous. Differences were also found in the cycles of the genotypes within and between sowing times (Figure 2). The Língua

de Papagaio genotype was the latest and the Branco Precoce was the earliest, independent of the year and sowing time.

However, the sowing time affected the phenology of the genotypes tested. For example, for Língua de Papagaio, the later the sowing time, the fewer the number of days between sowing and male (Figure 2 A, B) and female (Figure 2 C, D) flowering. The other genotypes exhibit a similar behavior when sown in November and January. The results of the present work agree with those obtained by BERGAMASCHI (2006), since thermal availability directly influences phenological development of the plants and development is faster during warmer periods. Thus, in hotter regions or times there is more precocious development.

During the kernel dough stage, the Branco Precoce genotype had the lowest plant height values, while the Língua de Papagaio had the highest values (Figure 3 A, B). These results indicate the existence of genetic variability in the varieties evaluated for this characteristic. High genetic variability in plant height was also found in another study of maize landrace and commercial varieties (FALCÃO et al., 2017).

Plant height is also affected by the interaction genotype X time in the present study. The Língua de Papagaio, Taquara and SCS 155 Catarina genotypes were taller when sown in January, differing from sowing in September (Figure 3 A, B). The Branco Precoce genotype exhibited a similar pattern,



but only in the 2017/2018 agricultural year (Figure 3 B). For sowing before the middle of September, the air and soil temperatures and solar radiation are lower, which results in shorter plants with a smaller leaf area (PIANA et al., 2008). Effect for sowing time on plant height was also found by CARON et al. (2017), who attributed the decrease in height to the shorter genotype cycle at a certain sowing time.

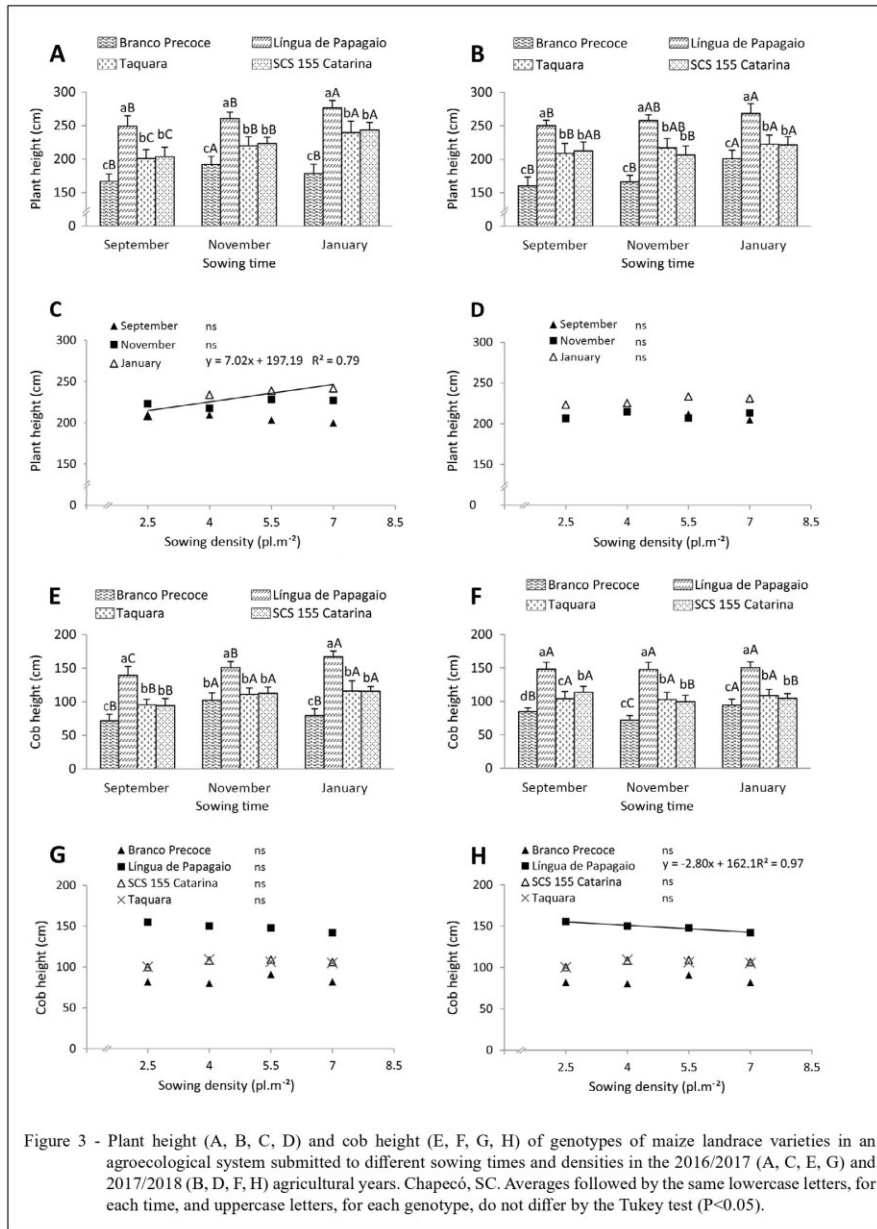
In relation to density, only sowing in January of the 2016/2017 agricultural year had a linear increase in plant height as sowing density increased (Figure 3 C). At the other times and agricultural year there was no effect of the density on plant height (Figure 3 C, D). This result corroborates that of BALBINOT JÚNIOR et al. (2007), who evaluated varieties of open pollinated maize at four sowing densities and did not observe an effect of density on plant height. Additionally, the results of the present work were similar to those of PAIVA et al. (2015), who evaluated the performance of maize landrace varieties under different sowing densities in the semi-arid region of Paraíba.

For cob height, there was a difference between the genotypes for all sowing times, and

Língua de Papagaio had the highest averages and Branco Precoce had the lowest averages for this characteristic (Figure 3 E, F). The genotypes exhibited different behaviors for cob height at different sowing times; in the 2016/2017 growing season, three genotypes exhibited a shorter cob height when sown in September compared to November and January (Figure 3 E). The time X genotype interaction was also found in studies by UATE et al. (2015).

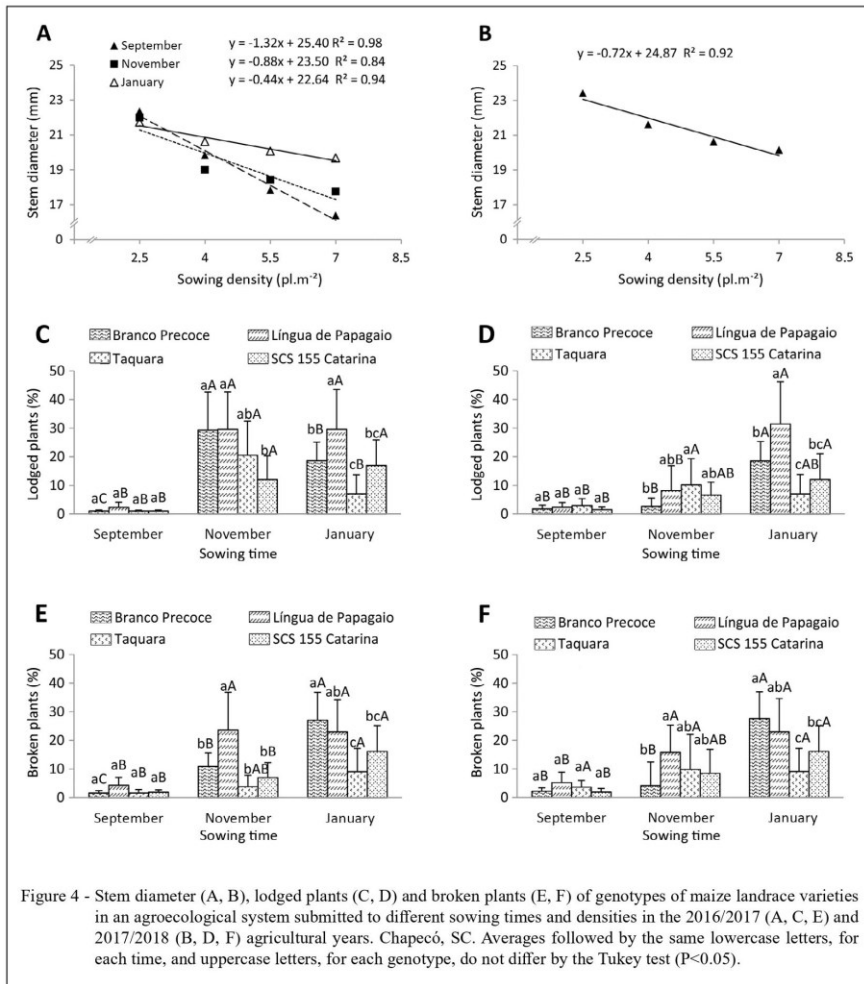
In the 2017/2018 growing season, the Língua de Papagaio genotype exhibited a linear decrease in the average height of cobs as the sowing density increased (Figure 3 H). The remaining genotypes were not influenced by sowing density (Figure 3 G, H), which agrees with the results of PAIVA et al. (2015), who did not verify an influence of density on the insertion height of cobs in varieties tested.

In the present study, an effect was detected for the time x density interaction and stem diameter in the 2016/2017 agricultural year (Figure 4 A). In the two agricultural years there was a linear effect in the decreasing stem diameter as plant density increased (Figure 4 A, B). These results are similar to those obtained



by BALBINOT JÚNIOR. et al. (2007) and PAIVA et al. (2015) when evaluating open pollinated maize varieties. Regarding lodged plants, the four varieties used in the present study did not

differ among themselves, since they exhibited satisfactory levels of lodged plants (below 3%) for the September sowing. However, for the later sowings the behavior of the genotypes differed, from



the early sowing, since the percentage of lodged plants increased (Figure 4 C, D).

The sowing time x genotype interaction was also observed for the percentage of broken plants, whose averages for the varieties tested also differed according to sowing time. The Língua de Papagaio and Branco Precoce varieties presented an increase in broken plants for the November and January sowings, while the SCS 155 Catarina genotype had a low percentage of broken plants for the September and November sowings, which increased for the January sowing. An increase in lodged and broken

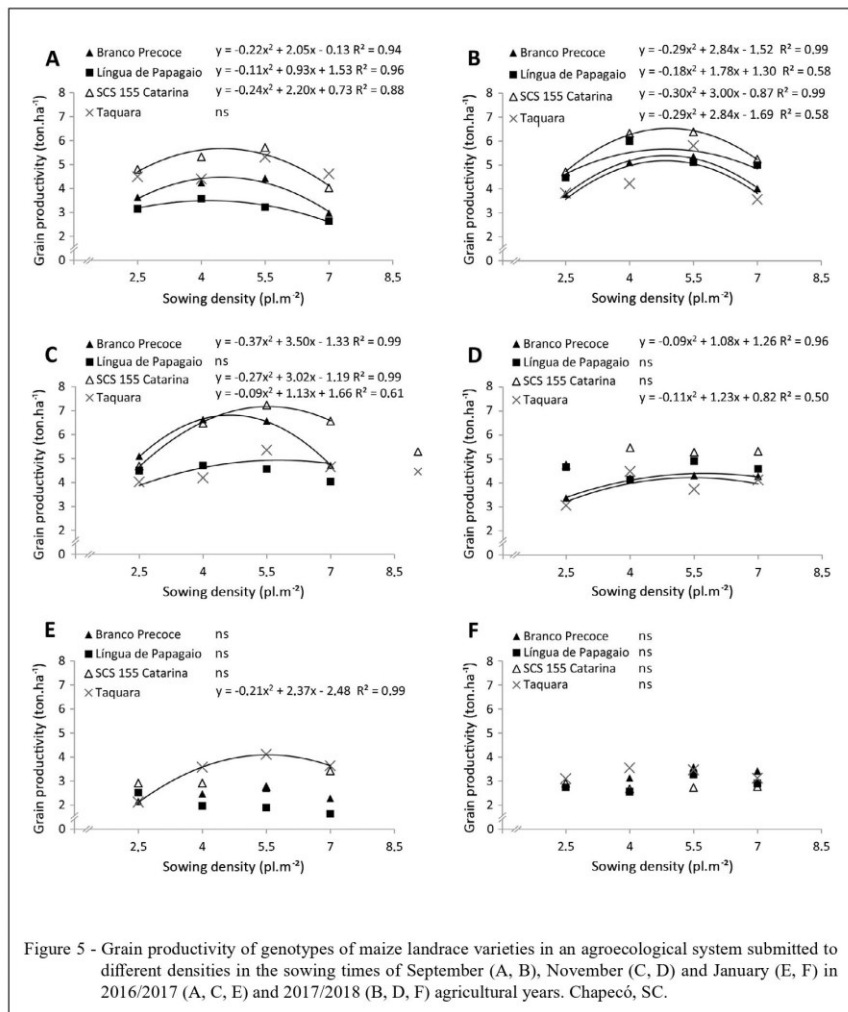
plants when sowing was late occurred due to the reduction in the emergence-tasseling subperiod, less accumulation of reserves in the stem, and precarious development of the radicular system (SERPA et al., 2012). Considering the absence of difference in the percentage of broken plants for the sowing times in the 2017/2018 agricultural year, the Taquara genotype might have a genetic base that contributes to stem resistance under late sowing conditions (Figure 4 E, F).

Similarly, the sowing time x genotype x density interaction was found for the grain productivity characteristic. The present study indicates that sowing

in September and November, when the genotypes presented a quadratic behavior for sowing density, results in the greatest grain productivity.

The effect of sowing time was also verified by COSTA, R.V. da et al. (2017), who observed a drastic decrease in productivity for late sowing. ALI et al. (2018) notes that the sowing date is one of the key-point in the management of maize to optimize productivity, since different dates result in different responses. In Ali et al. (2018) study, the results show that sowing maize really early or late has a negative effect on grain yield.

The quadratic behavior with an increase in the population of plants  $\text{ha}^{-1}$  is also exhibited by hybrids for plant densities between 25,000 and 125,000  $\text{pl.}\text{ha}^{-1}$  (SANGOI et al., 2007 and PEREIRA et al., 2009). In September, a greater grain yield potential was expressed when sown at densities of 45,000 and 50,000  $\text{pl.}\text{ha}^{-1}$  in the 2016/2017 and 2017/2018 agricultural years, respectively (Figure 5 A, B). In the first growing season, the Branco Precoce genotype exhibited similar values for the September and November sowing times (Figure 5 A, C); however, in the same growing season Taquara and SCS 155



Catarina sown in November presented higher grain yield when sown at densities of 55,000 to 60,000 pl.ha<sup>-1</sup>, respectively, while grain yield of Língua de Papagaio was not affected by density (Figure 5 C). In November of the 2017/2018 agricultural year, only Branco Precoce and Taquara exhibited an effect from sowing density, with greater productive potential for the 55,000 to 60,000 pl.ha<sup>-1</sup> densities, respectively (Figure 5 D).

The results of the present study are similar to those of KANDIL (2014) that tested densities of 53,000, 64,000 and 80,000 pl.ha<sup>-1</sup> and verified better productivity averages for hybrids at the intermediate density. Additionally, BALBINOT JÚNIOR et al. (2007) concluded that a density of 45,000 to 55,000 plants ha<sup>-1</sup> was the best to maximize productivity of open pollinated corn varieties in an agroecological production system.

However, SANGOI et al. (2019) and KANDIL et al. (2017) suggest that studies related to an increase in the density of maize plants should be conducted by observing different spacing between the rows because, for hybrids, an increase in density accompanied by a decrease in spacing between the rows results in better grain productivity due to the better distribution of plants that favors photosynthesis by increasing light penetration into the canopy.

For the January sowings, the low productivity did not allow to discriminate the density effects (Figure 5 E, F). The lack of difference in genotypes can also be explained by the increase in the percentages of lodged and broken plants in November and January (Figure 4 C, D, E, F).

Differently from September sowing, the lepidoptera were present in level of economic damage at November and January sowing times, which control was done with bioinsecticide based on *Bacillus thuringiensis*. This fact also contributed to lower the grain productivity and increase production costs in the later sowing times.

Since the sowing time that provide the highest grain productivity for the landraces it is also the same time recommended to sow the conventional or transgenic hybrids. One way to avoid gene flow from other maize varieties (e.g. conventional and transgenic hybrids) is the flowering temporal isolation when spatial isolation is not possible. Under this condition, if farmers want to preserve the genetic background of the cultivated landraces, they need to postpone the sowing to later times, which is subject to penalties such as grain yield decrease and lodged and broken plants increase.

## CONCLUSION

Our study demonstrated that sowing in September is adequate and at this time, the genotypes of the maize landraces evaluated in an agroecological system expressed greater potential at a density range of 45,000 to 50,000 pl.ha<sup>-1</sup>. With penalties in grain productivity, tentatively farmers can increase the strength of flowering temporal isolation by using later sowing times in order to preserve the landrace genetic identity.

## ACKNOWLEDGEMENTS

The authors would like to thank the Oestebio Cooperative and the Small Farmers Movement (MPA) for their partnership in the field experiments. We also thank the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) - (Finance code 001) for the scholarships awarded to AM, and the Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) for the fellowships awarded to AM and RON.

## DECLARATION OF CONFLICT OF INTERESTS

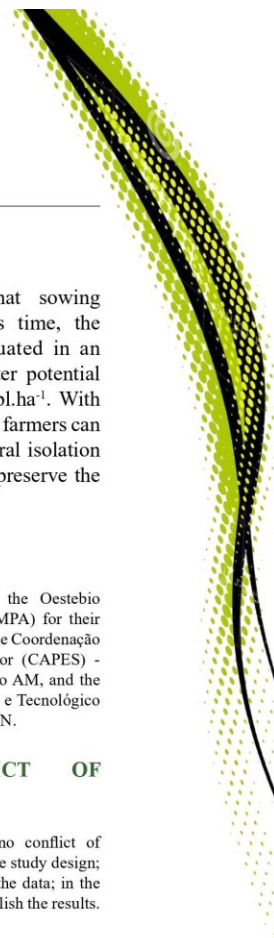
The authors declare that there is no conflict of interest. The funding entities had no influence on the study design; nor in the collection, analysis or interpretation of the data; in the writing of the manuscript, nor in the decision to publish the results.

## AUTHOR CONTRIBUTIONS

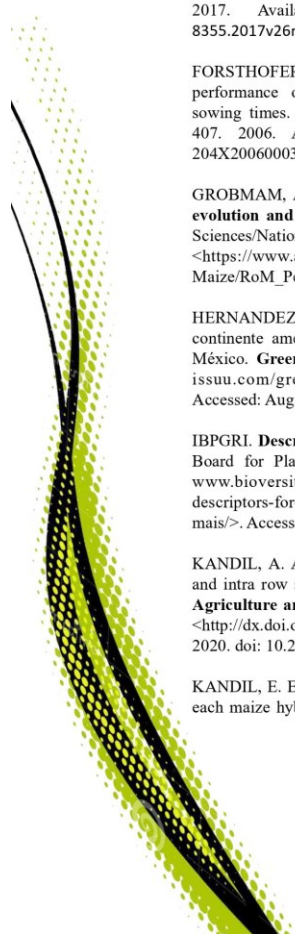
The authors equally contributed to the manuscript.

## REFERENCES

- ALI, W. et al. Influence of sowing dates on varying maize (*Zea mays* L.) varieties grown under agro-climatic condition of Peshawar, Pakistan. *European Journal of Experimental Biology*, v.8, n.6, p.36. 2018. Available from: <<https://www.imedpub.com/articles/influence-of-sowing-dates-on-varying-maize-zea-mays-i-varieties-grown-under-agroclimatic-condition-of-peshawar-pakistan.php?aid=23804>>. Accessed: Feb. 01, 2020. doi: 10.21767/2248-9215.100077.
- ALTIERI, M. A. et al., Agroecologically efficient agricultural systems for smallholder farmers: contributions to food sovereignty. *Agron. Sustain. Dev.*, v.32, n.1, p.1-13. 2012. Available from: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s13593-011-0065-6>>. Accessed: Jul. 15, 2015. doi: 10.1007/s13593-011-0065-6.
- BALBINOT JÚNIOR., A. A., et al. Plant density in maize open-pollinated varieties. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, v.6, n.2, p.114-124. 2007. Available from: <<http://www.revistas.udesc.br/index.php/agroveterinaria/article/view/5365/3570>>. Accessed: Sep. 24, 2017.
- BERGAMASCHI, H. et al. Water deficit and yield in maize crop. Brasília, *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.41, n.2, p.243-249. 2006. Available from: <<https://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/7130/4175>>. Accessed: Feb. 12, 2016.



- CARON, B. O. et al. Weather elements on morphological and productive characteristics of corn in different sowing times. **Científica**, v.45, n.2, p.105-114, 2017. Available from: <<http://dx.doi.org/10.15361/1984-5529.2017v45n2p105-114>>. Accessed: Mar. 22, 2019. doi: 10.15361/1984-5529.
- CÉLERES. **Informativo de Biotecnologia CÉLERES**. Editor: Anderson Galvão. PDF. Empresa Céleres de Consultoria. Uberlândia – MG, nov. 2019. Available from: <<https://www.celeres.com.br>>. Accessed: May, 20, 2020.
- COSTA, F. M. et al. Maize diversity in southern Brazil: indication of a microcenter of *Zea mays* L. **Genet Resour Crop Evol**, v.64, p.681-700, 2017. Available from: <<https://doi.org/10.1007/s10722-016-0391-2>>. Accessed: Jan. 18, 2020. doi: 10.1007/s10722-016-0391-2.
- COSTA, R. V. da et al. Corn cultivars affected by sowing time at off-season in Tocantins, Brazil. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.16, n.3, p.469-480, 2017. Available from: <<https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v16n3p469-480>>. Accessed: Aug. 23, 2019. doi: 10.18512/1980-6477.
- CRUZ, I.; TURPIN, F. T. Effect of *Spodoptera frugiperda* on different growth stages of corn. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.17, n.3, p.355-359, 1982. Available from: <<https://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/15641>>. Accessed: Jul. 07, 2014.
- FALCÃO, R. F. et al. Evaluation of free pollination populations, commercials and creole varieties corn in two municipalities of Alagoas. **Cultura Agrônômica**, v.26, n.4, p.611-624, 2017. Available from: <<https://doi.org/10.32929/2446-8355.2017v26n4p611-624>>. Accessed: Jul. 06, 2018.
- FORSTHOFER, E. L. et al. Agronomic yield and economic performance of maize in different management levels and sowing times. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, p.399-407, 2006. Available from: <<https://doi.org/10.1590/S0100-204X2006000300005>>. Accessed: Jul. 02, 2018.
- GROBMAN, A. et al. **Races of maize in Peru, their origins, evolution and classification**. Washington. National Academy of Sciences/National Research Council. 1961. 374p. Available from: <[https://www.ars.usda.gov/ARSUserFiles/50301000/Races\\_of\\_Maize/RoM\\_Peru\\_0\\_Book.pdf](https://www.ars.usda.gov/ARSUserFiles/50301000/Races_of_Maize/RoM_Peru_0_Book.pdf)>. Accessed: Mar. 05, 2020.
- HERNANDEZ, J. A. S. El origen y la diversidad del maíz em el continente amerirano. Universidad Autónoma de la Ciudad de México. **Greenpeace**. 2ed. Sep 2012. Available from: <[https://issuu.com/greenpeacemexico/docs/origen\\_del\\_maiz\\_/39](https://issuu.com/greenpeacemexico/docs/origen_del_maiz_/39)>. Accessed: Aug. 02, 2017.
- IBPGRI. **Descriptors for maize**. 1991. 86p. Rome: International Board for Plant Genetic Resources. Available from: <<https://www.biodiversityinternational.org/e-library/publications/detail/descriptors-for-maizedescriptores-para-maizdescripteurs-pour-le-mais/>>. Accessed: Jan. 12, 2019.
- KANDIL, A. A. et al. Maize hybrids yield as affected by inter and intra row spacing. **International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology**, v.2, n.2, 2017. Available from: <<http://dx.doi.org/10.22161/ijeab/2.2.11>>. Accessed: Jan. 12, 2020. doi: 10.22161/ijeab.
- KANDIL, E. E. E. Determine independent population density for each maize hybrid (*Zea mays* L.). **International Conference on Agriculture and Biotechnology IPCBEE**, v.79, 2014. Available from: <<http://www.ipcbee.com/vol79/006-ICABT2014-L0017.pdf>>. Accessed: Dec. 20, 2018. doi: 10.7763/IPCBEE.
- MAPA. **ZARC – Zoneamento Agrícola de Risco Climático**. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2015. Available from: <<http://indicadores.agricultura.gov.br/zarc/>>. Accessed: May, 24, 2015.
- NERLING, D. et al. Conservation and multiplication of landraces and varities seeds by farmers of the Movement of Small Farmers of Santa Catarina. **Cadernos de Agroecologia**, v.8, n.2, 2013. Available from: <<http://revistas.aba-agroecologia.org.br/index.php/cad/article/view/13655>>. Accessed: Jan. 30, 2020.
- NODARI, R. O.; GUERRA, M. P. A agroecologia: Estratégias de pesquisa e valores. **Estudos Avançados**, v.29, n.85, 2015. Available from: <<https://doi.org/10.1590/S0103-40142015000100010>>. Accessed: Jun. 20, 2018. doi: 10.1590/S0103-40142015000100010.
- PAIVA, R. S. de A. et al. Answer the landrace maize to different population densities in the soil and climatic conditions of the backlands of Paraíba. **ACSA**, v.11, n.1, p.120-125, 2015. Available from: <http://revistas.ufcg.edu.br/acsa/index.php/ACSA/article/view/538> Accessed: Jun. 23, 2018. doi: 10.30969.
- PEREIRA, J. L. A. R. et al. Corn responses to fertilizer rates and sowing densities. **Ciência e Agrotecnologia**, v.33, n.3, p.676-683, 2009. Available from: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542009000300003>>. Accessed: Sep. 25, 2019. doi: 10.1590/S1413-70542009000300003.
- PIANA, A. T. et al. Plant density of hybrid maize at early sowing date in Southern Brazil. **Ciência Rural**, v.38, p.2608-2612, 2008. Available from: <<https://doi.org/10.1590/S0103-84782008005000023>>. Accessed: Nov. 13, 2019. doi: 10.1590/S0103-84782008005000023.
- RITCHIE, S. W. et al. How a corn plant develops. Ames: Iowa State University of Science and Technology. 1993. 26p. (Special Report, 48). Available from: <<https://lib.dr.iastate.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1045&context=specialreports>>. Accessed: Jan. 22, 2019.
- ROMANO, M. R. et al. Performance of five landraces maize in different production systems. Resumos do V CB. **Rev. Bras. de Agroecologia**, v.2, n.2, 2007. Available from: <<http://revistas.aba-agroecologia.org.br/index.php/rbagroecologia/article/view/7348>>. Accessed: Sep. 23, 2016.
- SANGOI, L. et al. Management of plant arrangement to optimize grain productivity in maize. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.18, n.1, p.47-60, 2019. Available from: <<https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v18n1p47-60>>. Accessed: Feb. 02, 2019. doi: 10.18512/1980-6477.
- SANGOI, L. et al. Leaf area and grain yield of maize hybrids at different plant populations. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.6, n.3, p.263-271, 2007. Available from: <<http://rbms.cnpms.embrapa.br/index.php/ojs/article/view/231>>. Accessed: Oct. 22, 2019. doi: 10.18512/1980-6477.
- SANGOI, L. et al. Disease incidence and severity of four maize hybrids grown at different plant densities. **Ciência Rural**, v.30, n.1, p.17-21, 2000. Available from: <<https://doi.org/10.1590/S0103-84782000000100003>>. Accessed: Apr. 25, 2020. doi: 10.1590/S0103-84782000000100003.





Effect of sowing time and density for vegetative and reproductive traits of genotypes of maize landrace in an agroecological system. 10

SHIFERAW, B. et al. Crops that feed the world 6. Past successes and future challenges to the role played by maize in global food security. **Food Sec.**, v.3, p.307-327. 2011. Available from: <<https://doi.org/10.1007/s12571-011-0140-5>>. Accessed: May, 10, 2020. doi: 10.1007/s12571-011-0140-5.

UATE, J. V. et al. Sowing date and spatial distribution of plants in maize production. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.4, n.3, p.346-357. 2015. Available from: <<http://rbms.cnpms.embrapa.br/index.php/ojs/article/view/509>>. Accessed: Sep. 25, 2019. doi: 10.18512/1980-6477.

