

Progresso genético do programa de melhoramento de variedades de milho da Embrapa no Acre

Vanderley Borges dos Santos^{1*}, Suely Ribeiro Lima², Antônio Gilson Gomes Mesquita¹, Idésio Luis Franke³, Jacson Rondinelli da Silva Negreiros³, Paulo Márcio Beber⁴, Marcos Deon Vilela de Resende⁵

¹Professor da Universidade Federal do Acre, Centro de Ciências Biológicas e da Natureza, Rio Branco, Acre, Brasil, ²Doutoranda da Universidade Federal do Acre, Rio Branco, Acre, Brasil, ³Pesquisadores da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Rio Branco, Acre, Brasil, ⁴Professor do Instituto Federal do Acre, Sena Madureira, Acre, Brasil. ⁵Pesquisador da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Colombo, Paraná, Brasil. *wanderley.santos@ufac.br

Recebido em: 31/07/2021

Aceito em: 29/11/2021

Publicado em: 30/12/2021

RESUMO

O progresso genético refere-se aos avanços observados nas características de interesse durante o melhoramento para estimar os avanços tecnológicos dos genótipos ao longo dos anos. Objetivou-se estimar o progresso genético e quantificar a eficiência do programa de melhoramento de milho conduzido pela Embrapa Acre no período de quatro anos. Os ensaios foram conduzidos na Embrapa Acre em látice retangular 5x6 com duas repetições. Foram utilizados os dados de produtividade de grãos dos anos de 2013-2014; 2014-2015; 2015-2016; 2017-2018. Utilizaram-se o número e a média de genótipos incluídos, mantidos e excluídos em cada ano. Determinaram-se a porcentagem de renovação (%R) e o balanço do ganho genético e ambiental nos quatro anos de avaliação. Verificou-se renovação de 50% no ano dois, 25% no ano três e 62,8% no ano quatro, indicando dinamismo no programa de melhoramento, indicativo da contribuição do programa de melhoramento em liberar novas variedades. O progresso genético foi de 7,78% e a Produtividade média 2.585,044 kg.ha⁻². A condução do programa de melhoramento de milho da Embrapa Acre entre 2013 a 2018 foi eficiente na seleção e eliminação de genótipos superiores e inferiores, para rendimento de grãos.

Palavras-chave: Progresso de seleção. Ganho genético. Melhoramento de milho. *Zea mays* L.

Progress in maize breeding in Acre, southwestern Brazilian Amazon state

ABSTRACT

Genetic progress refers to the advances observed in traits of interest during breeding to estimate the technological advances of genotypes over the years. The objective was to estimate the genetic progress and quantify the efficiency of the corn breeding program conducted by Embrapa Acre over a four-year period. The tests were carried out at Embrapa Acre in a 5x6 rectangular lattice with two replications. Grain yield data for the years 2013-2014 were used; 2014-2015; 2015-2016; 2017-2018. The number and average of genotypes included, maintained and excluded in each year were used. The percentage of renewal (%R) and the balance of genetic and environmental gain in the four years of evaluation were determined. There was a renewal of 50% in year two, 25% in year three and 62.8% in year four, indicating dynamism in the breeding program, indicative of the contribution of the breeding program in releasing new varieties. The genetic progress was 7.78% and the average Productivity 2,585.044 kg.ha⁻². The conduction of Embrapa Acre's corn improvement program between 2013 and 2018 was efficient in the selection and elimination of superior and inferior genotypes for grain yield.

Keywords: Selection progress. Genetic gain. Corn improvement. *Zea mays* L.

INTRODUÇÃO

Como participante do agronegócio brasileiro, o milho (*Zea mays* L.) é uma das espécies vegetais de grande valor agrícola. Em razão do seu potencial socioeconômico é um dos mais importantes cereais cultivados e consumidos no mundo (ROLIM et al., 2019).

Em Estados da região Amazônica o cultivo de milho é uma alternativa para áreas de pastagens degradadas sem a necessidade de novos desmatamentos. Como produto de alta liquidez, seu plantio na região gera maiores divisas e riquezas em menor espaço-tempo, em relação a pecuária, o que o torna muito atrativo aos agricultores. No estado do Acre, localizado no sudoeste amazônico, os plantios de milho são separados entre pequenos, médios e grandes proprietários de terra, o que acarreta uso diferenciado de cultivares para cada caso, como cultivares híbridas ou de polinização aberta.

Com o intuito de melhorar características como baixa produtividade e tolerância a estresses bióticos e abióticos, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária com sede no Acre, com apoio da empresa Embrapa Milho e Sorgo, busca por meio do programa nacional de melhoramento de milho, selecionar e recomendar materiais genéticos baseados em avaliações de ensaios de valor de cultivo e uso – VCU – no Acre. As cultivares de desempenhos inferiores são descartadas enquanto que aqueles que apresentem superioridade são mantidos, e assim possam proporcionar algum progresso genético contínuo ano a ano. Os resultados subsidiam critérios para a indicação de cultivares (STORCK et al., 2005)

Devido a grandes investimentos e esforços adotados, todo programa de melhoramento genético deve, periodicamente, ser submetido a uma análise crítica sobre os avanços na seleção de genótipos incluídos, excluídos, mantidos e lançados como cultivar, como também identificar influências ambientais. Assim, se mede a taxa de renovação de genótipos, de um ano para outro, obtendo-se a proporção de novos genótipos incluídos em cada ano nos experimentos. Esta taxa reflete, de certo modo, o dinamismo de um programa de melhoramento (UATE, 2016) e se verifica o progresso.

Se o progresso é positivo, as metodologias utilizadas estão corretas (MÉDICE JUNIOR, 2018). Entretanto, em sendo negativo, pode-se modificar as metodologias de trabalho, a fim de recuperar ou aumentar os ganhos (TOLEDO, 2014) e assim indicar genótipos superiores. Assim, conforme Falconer e Mackay (1996), ao longo de ciclos sucessivos de seleção, a estimativa do progresso genético é uma forma de avaliar o

acúmulo dos alelos favoráveis nos genótipos no decorrer dos ciclos seletivos, tornando possível verificar a eficácia do programa de melhoramento.

Com a finalidade de se avaliar o progresso genético do melhoramento de dada espécie vegetal, alguns métodos genético-estatísticos foram desenvolvidos. A finalidade é quantificar a eficiência e auxiliar nos ajustes necessários, a fim de gerar economia de recursos e definições estratégicas dentro do programa. Uate et al. (2019) estimaram o progresso genético em ensaios de VCU de variedades de milho coordenado pela Embrapa Milho e Sorgo no período de 2010/11 a 2014/15, Freitas et al. (2013) avaliaram os progressos genéticos preditos das características de interesse ao programa de melhoramento do milho-pipoca UENF 14.

Progresso genético é também estimado em outras espécies agrícolas. Stefanova e Buirchell (2010) na cultura de tremoço, observaram progresso genético na ordem de 81% no período de 31 anos; Breseguello et al., (2011) estimaram o progresso genético, na cultura de arroz, em três fases, de 1984 a 1992 (sem ganho genético significativo), de 1992 a 2002 (0,53%) e de 2002 a 2009 (1,44%) e Ramalho et al., (2016) estimaram ganho de 57,85%, na cultura do café, pela substituição de cultivares tradicionais por clones superiores, com avaliações durante quatro safras; Faria et al. (2013) estimaram o progresso genético para massa de 100 grãos do feijoeiro comum do grupo carioca em 22 anos de melhoramento da Embrapa Arroz e Feijão, Campos (2019) estimaram o progresso genético para componentes da produção, suas características fenotípicas e a produtividade de grãos de soja.

Vencovsky et al., (1986) desenvolveram um método e estimaram o ganho genético, em cada par de anos consecutivos (biênio), com base nos resultados das médias de produtividade das cultivares obtidas nos ensaios de competição, para saber se a troca de cultivares, de um ano para outro, resulta em ganho de produtividade. Costa et al., (1999) e Cruz, (2006) descreveram o método de forma matricial.

Costa et al., (1999) avaliaram o período de 1985/86 a 1993/94 dos ensaios de milho em Rio Branco e evidenciaram progresso genético médio anual de 1,78% e ambiental de -4,52%. Entretanto, outros trabalhos não foram realizados.

Este trabalho teve como objetivo estimar o progresso genético e a eficiência do programa de melhoramento de milho (*Zea mays* L.) conduzido pela Embrapa no Acre no período de quatro anos.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos no campo Experimental da Embrapa Acre, localizado no município de Rio Branco-AC, com solo tipo Latossolo Vermelho-amarelo. A área está incluída na região fisiográfica do Baixo Acre do Estado, com coordenadas geográficas de 10°01'24"S, longitude 67°42'27"W e altitude de 178 m. O clima predominante da região é do tipo Am conforme Peel et al., (2007). A temperatura média máxima foi de 30,9 °C e a mínima de 20,8 °C, com precipitação anual de 1700 mm e umidade relativa do ar em torno de 83% (AGRITEMPO, 2016).

O delineamento estatístico utilizado foi em lattice retangular com duas repetições. Em todos os experimentos, a unidade experimental foi composta por duas fileiras de 4 m com 22 sementes por parcela, espaçada de 0,80 m entre linhas, sendo uma semente em cada cova, de 20 em 20 cm, e duas sementes apenas na primeira e na última cova.

Em geral, foram aplicados, com base nos resultados da análise de solo adubação de 300 kg ha⁻¹ do formulado N-P-K 10-30-10 e a adubação de cobertura no estágio V4 com 200 kg ha⁻¹ do formulado 20-00-20 e uma segunda parcela de cobertura no estágio V6 com 300 kg ha⁻¹ de sulfato de amônia.

A cada ano de cultivo, os tratos culturais foram realizados de acordo com o recomendado para a região e condições de cultivo. Os tratos culturais consistiram de capina manual para o controle de ervas daninhas, sendo uma próxima ao estágio V4 e a segunda por ocasião do estágio V7. Quando necessário foi realizado o inseticida Lannate BR na dose de 1,0 L ha⁻¹ para controle da lagarta do cartucho.

Foram utilizados os dados de produtividade de grãos expresso em kg ha⁻¹ e corrigido para 13% de umidade, do Ensaio Nacional de milho da Embrapa Milho e Sorgo, nos anos de 2013-2014; 2014-2015; 2015-2016; 2017-2018 totalizando 78 genótipos, realizado em Rio Branco, Acre (Tabela 1).

Tabela 1 - Genótipos de milho utilizados nos ensaios de valor de cultivo e uso, referentes a quatro anos (2013/2014; 2014/2015; 2015/2016; 2017/2018), Rio Branco, Acre, 2020.

Genótipos			
HTCMS-SP1	HTCms15672	Sint 10781	UFVM200(HS)C1
BRS 1055	AL2010	Guepa	Sint 10723
HTCMS 771	VLS BS 42C60	Sint Super-Precoce 1	Capo
HTMV-1	HIV0908	MC60	BR 106
HTCMS 697	SintPF 7021	BR2121QPM	MG053xHA
HTCMS 707	HTCms-CAPO	UFVM 100(HS)C1	MC 21
HTCMS 699	Sint 10697	SintPF 104	AL2014

2 E530	98CV02	MC 6028	BR5037-Cruzeta-G19
3H842	Sint 10717	HIV 473451	BRS 4104 - Sint Pro Vit A
HTCMS 717	AL Paraguaçu	AL2015	Caatingueiro
HTCMS795	HDS NE 4x3 (2K1265)	BRS 4104 - Sint. Pro Vit A	Sint 10731
HTCMS781	HIV 2564260	MC 50	SintPF 7031
HI(771xHTMV1)	Potiguar-G13	Eldorado	VCREJ 201
Sint 10699	HSmsxHTMV1	MS003xHB	Sintetico 256 L
AL2013	MC 20	SintPF 7008	BRS Gorutuba
AL Avaré	Sint 10795-BRS4105	AL2012	Sint 10783
BRS 3046	Sint. Mult. TL	Sint 10707	BRS Caimbé
Sint10771-BRS4107	Sintetico 1X	Sint 10805	BRS 4103
PC0904	Sint 10771	PC0905	
HI(707xHTMV1)	Sint 10795	Sintético RxS Spod	

A produtividade de grãos foi determinada a partir da pesagem de todos os grãos obtidos na área útil da parcela após a secagem, trilha e limpeza de todas as plantas. O peso originalmente obtido foi submetido a correção de umidade para 13% de acordo com a expressão, em que P é peso corrigido, PC é peso de grãos de campo debulhados da parcela (em gramas) e U a umidade dos grãos na ocasião da colheita.

Considerou-se o fato de que, de um ano para o imediatamente seguinte, uns tantos tratamentos foram mantidos e outros substituídos por materiais novos. Por hipótese, os novos tratamentos deveriam ser iguais ou superiores aos que se excluíram dos ensaios (CRUZ, 2013, 2016).

Para se verificar a ocorrência de interações genótipos x ambientes foi realizada uma análise de variância conjunta com 13 genótipos comuns nos três anos. As avaliações do progresso genético e ambiental, como também a eficiência do melhoramento no período, foram realizadas pelo método de Vencovsky et al., (1986) descrito em Cruz (1997, 2006). As análises foram realizadas com o programa Genes (CRUZ, 2013, 2016).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na análise conjunta dos 13 genótipos comuns nos três anos verificou-se efeito significativo apenas para genótipos ($p < 0,001$) (Tabela 2). O resultado indica que houve genótipos de comportamento diferenciado em cada ano de cultivo.

Tabela 2 - Resumo da análise de variância de 13 genótipos comuns de milho, cultivado em Rio Branco-AC, em diferentes anos, Rio Branco, AC, 2020.

FV	GL	QM	Fc
Blocos (Ano)	3	2702666,083	3,986
Genótipos	12	3020633,776	4,454**
Anos	2	1218865,169	1,797 ^{ns}
Genótipos x Anos	24	898791,997	1,325 ^{ns}
Erro	36	678110,655	
CV (%)	31,04		

ns: não significativo, **: significativo a 1% de probabilidade pelo teste F de Snedecor (SNEDECOR; COCHRAN, 1999).

O número de genótipos por ensaio, a taxa de variedades incluídas, excluídas, mantidas e renovadas em quatro anos consecutivos estão apresentados na Tabela 3. A taxa de substituição que mede o dinamismo dos programas de melhoramento em relação ao ano anterior, supõem que novos materiais incluídos nos ensaios sejam agronomicamente superiores aos antigos (CRUZ et al., 2003). Nos ensaios de valor de cultivo e uso (VCU), os genótipos inferiores são excluídos para que novos materiais sejam inseridos no determinado ano, contribuindo para o dinamismo dentro do programa de melhoramento.

Tabela 3 - Dinamismo do programa de melhoramento para variedades de milho, fornecendo a taxa de genótipos incluídos, excluídos, mantidos e renovados no período de quatro anos, Rio Branco, AC, 2020.

Ano	I	M	E	%M	%I	%E	%R
1	0	18	12	0	0	0	0
2	18	27	9	37,50	37,50	25,00	50,00
3	9	13	23	60,00	20,00	20,00	25,00
4	22	35	0	22,40	37,90	39,70	62,80
Média				39,97	31,8	28,23	45,93

I: número de genótipos novos em relação ao ano anterior, M: número de genótipos mantidos para avaliação no ano posterior, E: número de genótipos excluídos da avaliação no ano posterior, R: taxa de genótipos novos criados pelo programa de melhoramento em relação ao ano anterior

Verifica-se que o programa de melhoramento foi capaz de promover renovação de 50% no ano dois, 25% no ano três e 62.8% no ano quatro e com média de 45,93%, indicando dinamismo no programa de melhoramento. Também se verifica nos anos intermediários que a taxa de inclusão é maior que a de exclusão no ano dois e se iguala no ano três, dando indicativo da contribuição do programa de melhoramento em liberar novas variedades como opção de cultivo para o agricultor. A médio prazo, espera-se que sejam inseridos genótipos mais adaptados e produtivos no programa de melhoramento, substituindo os com características agronomicamente inferiores.

A taxa de renovação de tratamentos nos ensaios, de certo modo, reflete a eficiência do programa de melhoramento. Uma taxa média de 50% e 25% nos anos intermediários sugere uma atividade moderada dentro do programa de melhoramento, embora inferior a verificada por Vencovsky et al., (1986) estimada em 61% para milho é superior a pesquisa de Uate et al., (2019) que estimou em 31% pelo valor genotípico (ou BLUP). A taxa de manutenção nos anos intermediários de 37.7% no ano dois e 60% no ano três (Tabela 3) serve como fonte na avaliação do efeito ambiental, garantindo maior confiabilidade na estimativa dos ganhos genéticos reduzindo o erro experimental. Dessa forma, os genótipos testados apresentaram bom desempenho nos quatro anos de estudo, aumentando as opções de variedades de milho para os produtores do Estado do Acre.

Deve ser ressaltado que do primeiro para o segundo ano de avaliação parte das variedades foram substituídas com taxa de inclusão de 37,5% (Tabela 3). Híbridos topcross foram inseridos no programa a partir do segundo ano. É importante ressaltar que assim como as variedades de polinização aberta, os híbridos topcrosses e híbridos intervarietais são pouco utilizados no mercado de sementes, e são produzidos mais rotineiramente por empresas públicas de pesquisa. Todavia estes híbridos podem ser alternativas interessantes para o nicho de sementes de menor custo, pois podem apresentar alto potencial de produtividade, devido à alta heterose que pode ser obtida quando são realizados cruzamentos entre parentais derivados de grupos heteróticos complementares (UATE et al., 2019). Do segundo para o terceiro ano a taxa de manutenção foi de 60%, logo pressupõe pelo método de Vencovsky et al., (1986) que quanto maior for o número de genótipos comuns entre os anos, mais eficiente torna-se a correção do efeito do ano por esta metodologia, assim se não houver renovação, logo não haveria progresso genético.

De acordo com Oliveira et al. (2012) os híbridos, em média, apresentam níveis de rendimento superiores as variedades tornando os avanços no melhoramento destas mais difíceis. No presente trabalho a superioridade produtiva dos híbridos em relação as variedades foram confirmadas.

A estimação do Progresso genético pelo método original em programas de melhoramento vem sendo aplicada em diversas culturas como soja, milho, feijão, algodão e outras culturas fornecendo informações importantes sobre o ganho genético

em anos consecutivos (MORESCO, 2003; STORCK et al., 2005; ROGERS et al., 2015; BARILI et al., 2016; TODESCHINI et al., 2019).

O balanço do ganho genético e ambiental referente às variações no rendimento de grãos (kg ha^{-1}) encontram-se na Tabela 4. Dessa forma, no programa de melhoramento em avaliação, as variedades obtidas contribuíram para melhoria da produtividade, porém as alterações ambientais de um ano para o ano consecutivo apresentaram efeito ambiental negativos, devendo-se a fatores ligados ao solo e principalmente as condições climáticas.

Tabela 4 - Balanço do ganho genético e ambiental do programa de melhoramento nas quatro safras 2013/2014, 2014/2015, 2015/2016 e 2017/2018, Rio Branco, Acre, 2020.

Anos	Ganho genético (DG)	Efeito ambiental (DA)
2° e 1°	355,47	105,18
3° e 2°	97,88	173,39
4° e 3°	403,66	-12338,44
Ganho médio anual (kg ha^{-1})	201,11	-73.948
Ganho médio anual (%)	7,78	-2,86
Produtividade média kg ha^{-1}		2585,044

O ganho genético de 7,78% indica que os trabalhos de melhoramento de milho no Acre apresentaram resultados satisfatórios nos quatro anos, principalmente quando comparado com os ganhos relatados por Vencovsky et al., (1986) no Brasil de 2,0% para cultura do milho. Uate et al., (2019) com modelos mistos (valor genotípico ou BLUP) estimaram em 6,2% o ganho anual nos VCU do Brasil em cinco anos (2010/11 a 2014/17), inclusive com alguns dos mesmos genótipos aqui estudados e com ensaios do Acre. O presente estudo apresentou ganho médio anual superior ao estimado por Masuka et al., (2017) que quantificaram o progresso em 1,4% ao ano para variedades de polinização aberta no Leste e Sul da África entre 1999 e 2011. Embora este tenha ocorrido em maior região, o ciclo foi semelhante.

O ganho médio anual correspondeu a 201,11 kg ha^{-1} (Tabela 4). Uate et al. (2019) com dados do ensaio nacional obtiveram ganho anual de 332 kg ha^{-1} . Nos Estados Unidos, no período de 1987 a 2015, Assefa et al. (2017) relataram ganhos para diferentes latitudes em estudo e, também, para diferentes tipos de tecnologia empregadas nos campos. Os autores dividiram os genótipos em quatro ambientes de produtividade, sendo estes, super alta produtividade, alta produtividade, média produtividade e baixa produtividade. Os ganhos encontrados nessas faixas de

produtividade foram, respectivamente, 38 kg ha⁻¹ ano⁻¹; 19 kg ha⁻¹ ano⁻¹; 10 kg ha⁻¹ ano⁻¹ (ASSEFA et al., 2017). O confronto dos resultados pode indicar que houve ganho bem relevante no presente estudo, e que os ensaios têm potencial para recomendar cultivares.

Em estudo mais antigo, no período de 1985-1993, Costa et al., (1999) obtiveram ganho geral médio de 1,78% (equivalente a 80,54 kg ha⁻¹) e rendimento de 4.533,37 kg ha⁻¹ indicando que o trabalho de melhoramento de milho no Acre nos nove anos do estudo apresentou resultados satisfatórios. No presente trabalho a produtividade média foi de 2585,044 kg ha⁻¹ próxima a verificada no Estado na safra 2017-2018 de 2.600 kg ha⁻¹ (CONAB, 2018), indicando que o programa de melhoramento está sendo eficiente em selecionar genótipos superiores para região.

O progresso genético em qualquer espécie está associado à existência de variabilidade genética. Confirmando a presença de variabilidade genética, a seleção assume importante papel na estimativa do progresso genético (REIS et al., 2004). No caso do milho, por se tratar de uma espécie de polinização aberta, há alto grau de variabilidade genética para ser explorado pelos melhoristas o que resulta na eficiência de melhoramento e controle da variação ambiental (TOLEDO et al., 1990).

Além dos genótipos avaliados apresentarem um ganho genético elevado, pode ser justificada pelo número de tratamentos mantidos de um ano para o imediatamente seguinte, pois a taxa elevada de manutenção leva a uma maior segurança na estimação do progresso pela redução do erro experimental e pelas interações de tratamento com anos (Tabela 3). De acordo com Moresco (2003) quanto maior o número de tratamentos comuns de um ano para o imediatamente seguinte, melhor será a estimativa do efeito ambiental, sendo este um pré-requisito relevante para se estimar o ganho genético na metodologia proposta por Vencovsky et al., (1986).

Assim, apesar da produtividade ser uma das principais características no melhoramento de milho, as prioridades em um programa de melhoramento em populações visam, principalmente elevar a produção tanto em condições ótimas quanto em condições de stress, extraíndo linhagens superiores para alimentar os programas de híbridos. Deve-se ressaltar que o ideal seria que se tivesse instalado um conjunto de ensaios por um período maior de anos, como também locais, para se obter resultados mais abrangentes das principais variedades testadas pela Embrapa Milho e Sorgo, contudo os ensaios de VCU são mantidos pela Embrapa Acre, mas requerem um alto investimento de recursos.

Dentre os diversos genótipos testados, as variedades de polinização aberta, os híbridos top crosses, as variedades sintéticas e híbridos intervarietais são pouco utilizados no mercado de sementes. Todavia estes genótipos podem ser alternativas para médios e pequenos agricultores e viabilizar o nicho de sementes de menor custo, por apresentar alto potencial produtivo, devido à alta heterose que pode ser obtida quando são realizados cruzamentos entre parentais derivados de grupos heteróticos complementares. Por sua vez, as variedades de polinização aberta, apresentam menor potencial produtivo que os cultivares híbridos, mas apresentam um menor custo de sementes sendo uma alternativa para agricultores familiar, ribeirinhos e de assentamentos do Incra (Instituto Nacional de reforma Agrária).

CONCLUSÃO

O programa de ensaios de VCU de variedades de milho coordenados pela Embrapa Milho e Sorgo apresentou progresso genético no Acre.

O ganho genético indicou que o melhoramento de milho da Embrapa no Acre foi eficiente e aumentou a produtividade

AGRADECIMENTOS

A Capes, CNPq, Universidade Federal do Acre, Embrapa Acre, Embrapa Milho e Sorgo.

REFERÊNCIAS

AGRITEMPO. **Sistema de monitoramento agrometeorológico.** Disponível em: <https://www.agritempo.gov.br/agritempo/index.jsp>. Acesso em: 05 abr. 2019.

ASSEFA, Y.; PRASAD, P. V. V.; CARTER, P.; HINDS, M.; BHALLA, G.; SCHON, R.; JESCHKE, M.; PASZKIEWICZ, S.; CIAMPITTI, I. A. A new insight into corn yield: trends from 1987 through. **Crop Science**, v. 57, p. 2799-2811, 2017.

BARILI, L. D.; VALE, N. M.; CARNEIRO, J. E. S.; SILVA, F. F.; SILVA, F. L. Five decades of black common bean genetic breeding in Brazil. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 46, p. 259-266, 2016.

BRESEGHELLO, F. M. O. P. de; PINHEIRO, P. V.; SILVA, A. C. S.; CASTRO, E. da M. de; GUIMARÃES, É. P.; CASTRO, A. P. de; PEREIRA, J. A.; LOPES, A. de M.; UTUMI, M. M.; OLIVEIRA, J. P. de. Results of 25 years of upland rice breeding in Brazil. **Crop Science**, v. 51, p. 914-923, 2011.

CAMPOS, L. H. R. de. **Estimativa do progresso genético: um exemplo aplicado em 18 anos do melhoramento de soja.** 2019, 37 f. Dissertação. (Mestrado em Bioenergia e Grãos) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiano, Rio Verde, 2019.

CONAB. **Acompanhamento da safra 2017/2018: 8º levantamento de grãos**. 2018. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/>. Acesso em: 21 nov. 2019.

COSTA, J. G.; CRUZ, C. D.; SCAPIM, C. A.; BRACCINI, A. L. Progresso genético e efeito ambiental na cultura do milho no Estado do Acre. **Revista Ceres**, v. 46, p. 513-522, 1999.

CRUZ, C. D. Genes - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum**, v. 35, p. 271-276, 2013.

CRUZ, C.D. Genes Software – extended and integrated with the R, Matlab and Selegen. **Acta Scientiarum**, v. 38, p. 547-552, 2016.

CRUZ, C. D. **Programa genes biometria**. Minas Gerais: EDUFV, Brasil. 2006.

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Minas Gerais: EDUFV, Brasil. 2003.

CRUZ, C. D. **Genes Aplicativo computacional em genética e estatística**. Minas Gerais: EDUFV, Brasil. 1997.

FALCONER, D. S.; MACKAY, T. F. C. **Introduction to quantitative genetics**. London: Longman Scientific and Technical, 1996.

FARIA, L. C. de; MELO, P. G. S.; MELO, L. C.; PEREIRA, H. S.; DEL PELOSO, M. J., A.; BRÁS, J. B. P.; CABRERA DIAZ, J. L. Progresso genético em 22 anos de melhoramento do feijoeiro-comum do grupo carioca no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 7., 2013. Uberlândia. **Anais [...]**, Uberlândia: CBMP, 2013, p. 1622-1625.

FREITAS, I. L. J. Ganho genético avaliado com índices de seleção e com REML/BLUP em milho-pipoca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, p. 1464-1471, 2013.

FUCK, M. P. **Funções Públicas e arranjos institucionais: o papel da Embrapa na organização da pesquisa de soja e milho híbrido no Brasil**. 2005, 121 f. Dissertação (Mestrado em Política Científica e Tecnológica) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

MASUKA, B.; MAGOROKOSHO, C.; OLSEN, M.; ATLIN, G. N.; BÄNZIGER, M.; PIXLEY, K. V.,; VIVEK, B. S.; LABUSCHAGNE, M.; MATEMBA-MUTASA, R.; BURGUEÑO, J.; MACROBERT, J.; PRASANNA, B. M.; DAS, B.; MAKUMBI, D.; TAREKEGNEA, A. T.; CROSSA, J.; ZAMAN-ALLAHA, M.; VAN BILJON, A.; CAIRNS, J. E. Gains in maize genetic improvement in Eastern and Southern Africa: II. CIMMYT Open-Pollinated Variety Breeding Pipeline. **Crop Science**, v. 57, p. 180-191. 2017.

MEDICI JUNIOR, H. **Progresso genético de híbridos de milho (*Zea mays* L.) na segunda safra ao longo de uma década**. 2018, 35 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2018.

MORESCO, E. R. **Progresso genético no melhoramento do algodoeiro no Estado de Mato Grosso**. 2003. 76f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2003.

OLIVEIRA, G. H. F.; OLIVEIRA JÚNIOR, E. A.; ARNHOLD, E. Comparação de tipos de cultivares de milho quanto ao rendimento de grãos. **Revista Caatinga**, v. 25, p. 29-34. 2012.

RAMALHO, A. R.; ROCHA, R. B.; SOUZA, F. F.; VENEZIANO, W.; TEIXEIRA A. L. Progresso genético da produtividade de café beneficiado com a seleção de clones de cafeeiro Conilon. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, p. 516-523, 2016.

REIS, E. F.; REIS, M. S.; CRUZ, C. D.; SEDIYAMA, T. Comparação de procedimentos de seleção para produção de grãos em populações de soja. **Ciência Rural**, v. 34, p. 685-692, 2004.

- ROLIM, J. I. M.; NICOLAU, F. E. A.; MOTA, A. M. D.; PINTO, A. A.; CAMARA, F. T. Desenvolvimento e produtividade do milho em sistema de plantio no cariri cearense. **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 27, p. 122-131, 2019.
- ROGERS, J.; CHEN, P.; SHI, A.; ZHANG, B.; SCABOO, A.; SMITH, F.; ZENG, A. Agronomic performance and genetic progress of selected historical soybean varieties in the southern USA. **Plant Breeding**, v. 134, p. 85-93, 2015.
- SNEDECOR, G. W.; COCHRAN, W. G. **Statistical Methods**, 8th edn. Ames: Iowa State University Press. 1989, 503 p.
- STEFANOVA, K. T.; BUIRCHELL, B. Multiplicative mixed models for genetic gain assessment in lupin breeding. **Crop Science**, v. 50, n. 3, p. 880-891, 2010.
- STORCK, L.; BESOGNIN, D. A.; CARGNELUTTI FILHO, A. Ganho genético decorrente da substituição anual de cultivares de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, p. 881-886, 2005.
- TODESCHINI, M. H.; MILIOLI, A. S.; ROSA, A. C.; DALLACORTE, L. V.; PANHO, M. C.; MARCHESE, J. A.; BENIN, G. Soybean genetic progress in South Brazil: physiological, phenological and agronomic traits. **Euphytica**, v. 215, p. 215-124, 2019.
- TOLEDO, F. H. R. B. **Progresso genético simultâneo: um exemplo de aplicação no melhoramento do Tabaco**. 2014. 75 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2014.
- TOLEDO, J. F. F.; ALMEIDA, L. A.; KIHL, R. A. S.; MENOSSO, O. G. Ganho genético em soja no estado do Paraná, via melhoramento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 25, p. 89-94, 1990.
- UATE, J. V.; NUVUNGA, J. J.; SILVA, C. P.; GUIMARÃES, L. J. M.; PINHO, R. G. V.; BALESTRE, M. Genetic progress, adaptability and stability of maize cultivars for value of cultivation and use trials. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 41, 2019.
- UATE, J. V. **Progresso genético e adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho avaliadas em ensaios de valor de cultivo e uso**. 77 f. 2016. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2016.
- VENCOVSKY, R.; MORAIS, A. R.; GARCIA, J. C.; TEXEIRA, N. M. Progresso genético em vinte anos de melhoramento do milho no Brasil. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 9., 1986, Belo Horizonte. **Anais [...]**, Sete Lagoas: EMBRAPA/CNPMS, 1986. p. 300-307.