

MÁRCIA FERREIRA NERI

**SELEÇÃO INDIRETA DE GENÓTIPOS DE MILHO COM ALTA PRODUÇÃO DE
MASSA DE FORRAGEM PARA O SERTÃO SERGIPANO**

Trabalho de Conclusão de Curso

Nossa Senhora da Glória/SE
Agosto de 2021

Márcia Ferreira Neri

**SELEÇÃO INDIRETA DE GENÓTIPOS DE MILHO COM ALTA PRODUÇÃO DE
MASSA DE FORRAGEM NO SERTÃO SERGIPANO**

Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em
Engenharia Agrônômica da Universidade Federal
de Sergipe, como requisito parcial à obtenção do
título de bacharel em Engenharia Agrônômica.

Orientador: Gustavo Hugo Ferreira Oliveira

MÁRCIA FERREIRA NERI

**SELEÇÃO INDIRETA DE GENÓTIPOS DE MILHO COM ALTA PRODUÇÃO DE
MASSA DE FORRAGEM PARA O SERTÃO SERGIPANO**

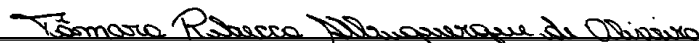
Este documento foi julgado adequado como requisito parcial à obtenção do título de bacharel em Engenharia Agrônoma.

Aprovado em: 19/08/2021

Banca examinadora:



Gustavo Hugo Ferreira de Oliveira, Doutor Universidade
Federal de Sergipe



Tâmara Rebecca Albuquerque de Oliveira, Doutora
Universidade Federal de Sergipe

Documento assinado digitalmente
gov.br Maisa Nascimento Carvalho
Data: 03/09/2021 10:05:02-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Maisa Nascimento Carvalho, Engenheira Agrônoma
Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho

Índice

Resumo.....	7
Abstract.....	8
1. Introdução.....	9
2. Material e métodos.....	11
3. Resultados e Discussão.....	15
4. Conclusões.....	20
5. Referências bibliográficas.....	21
6. Agradecimentos.....	24

SELEÇÃO INDIRETA DE GENÓTIPOS DE MILHO COM ALTA PRODUÇÃO DE MASSA DE FORRAGEM PARA O SERTÃO SERGIPANO

Márcia Ferreira Neri¹; Gustavo Hugo Ferreira de Oliveira²; Maisa Nascimento Carvalho³; Eduarda Santos Silveira⁴; Breno dos Santos Menezes⁵

Artigo a ser submetido na Revista Brasileira Milho e Sorgo

Resumo

O milho é uma das gramíneas mais cultivadas no mundo, por apresentar múltiplas aplicações, mas apesar da sua importância, sofre com o déficit hídrico característico da região Nordeste. Devido a essa situação, pesquisas estão sendo feitas com o foco em desenvolver ações de convivência com o semiárido. Objetivou-se com esse trabalho a seleção indireta de genótipos de milho com alta produção de massa de forragem para o Sertão Sergipano. O delineamento experimental foi em blocos incompletos em Látice com duas repetições e 36 tratamentos. Foram avaliadas, altura da planta (AP), diâmetro do colmo (DC), peso das plantas (PP), média de matéria seca (MMS), média da matéria fresca (MMF), percentagem de matéria seca (%MS) e massa de forragem (MF). Pode-se constatar a presença da variabilidade nas populações do milho demonstrado pela análise de variância. A correlação, manifestou forte associação positiva entre os caracteres MMF e MMS, também entre MF e PP. A variável PP apresentou maior efeito direto sobre a MF, apontando que na obtenção de novos genótipos visando maior teor de massa de forragem, um importante componente que deve ser levado em consideração é PP. Portanto, o peso das plantas é a variável mais indicada para seleção indireta de massa de forragem, e por mais que a percentagem de matéria seca seja um fator importante da forragem, ela não foi determinante para massa de forragem.

Palavras-chave: *Zea mays* L.; Análise de trilha; Melhoramento genético; Correlação; Semiárido.

¹ Graduanda em Engenharia Agrônoma, Universidade Federal de Sergipe, Campus Sertão, Nossa Senhora da Glória, SE, Brasil. E-mail: marcianeri.agro@gmail.com

² Professor, Doutor, Universidade Federal de Sergipe, Campus Sertão, Nossa Senhora da Glória, SE, Brasil. E-mail: gustavoufs@ufs.br

³ Doutoranda em Genética e Melhoramento de Plantas, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, São Paulo, SP, Brasil. E-mail: maisa.n.c@hotmail.com

⁴ Graduanda em Engenharia Agrônoma, Universidade Federal de Sergipe, Campus Sertão, Nossa Senhora da Glória, SE, Brasil. E-mail: silveira12eduarda@gmail.com

⁵ Engenheiro Agrônomo, Universidade Federal de Sergipe, Campus Sertão, Nossa Senhora da Glória, SE, Brasil. Email: brenomenezes480@gmail.com

Abstract

Título: Indirect selection of maize genotypes with high forage mass production in sertão sergipano.

Maize is one of the most cultivated grasses in the world, due to its multiple applications, but despite its importance, it suffers from the water deficit characteristic of the Northeast region. Due to this situation, researches are carried out with a focus on developing actions of coexistence with the semiarid. The objective of this work was the indirect selection of maize genotypes with high forage mass production for Sertão Sergipano. The experimental design was in incomplete blocks in lattice with two replications and 36 treatments. Plant height (HP), stem diameter (DC), plant weight (PP), mean dry matter (MMS), mean fresh matter (MMF), percentage dry matter (%DM) and mass were evaluated. forage (MF). It can be seen the presence of variability in maize populations demonstrated by the analysis of variance. The correlation showed a strong positive association between the characters MMF and MMS, also between MF and PP. The variable PP had the greatest direct effect on the MF of genotypes. The variable PP had the greatest direct effect on MF, pointing out that in obtaining new genotypes aiming at higher forage mass content, an important component that should be taken into account is PP. Therefore, plant weight is the most suitable for indirect forage mass selection.

Keywords: *Zea mays* L.; Path analysis; Correlation; Genetic improvement; Semiarid

1. Introdução

O milho (*Zea mays* L.) é hoje uma das gramíneas mais cultivadas no mundo por apresentar múltiplas aplicações, além de ser matéria-prima de milhares de produtos, que não só compõem a dieta humana, como também a animal (ADIAHA *et al.*, 2016) e ainda na produção de biocombustível (WERNCKE, 2020).

No Brasil, é uma das principais plantas cultivadas, impactando no âmbito econômico, social e cultural (CAPRIL, 2017), garantindo a segurança alimentar global com sua alta qualidade nutritiva (GAFFNEY *et al.*, 2015). No Nordeste brasileiro não é diferente, fazendo parte não somente da economia, como também da cultura da região compondo suas comidas típicas. Mas, apesar da importância que cerca este cereal, a sua produção sofre com o déficit hídrico característico da região Nordeste, desafiando não só os agricultores como também os pesquisadores que visam obter meios que tornem viável sua produção (BERNINI *et al.*, 2016).

A seca é responsável pela redução na produção agrícola de inúmeras culturas, sendo o milho uma das que mais demonstram os efeitos adversos do déficit hídrico, como redução no desenvolvimento da planta e na produtividade (PATERNIANI *et al.*, 2019). Tais condições podem ser presenciadas nas regiões semiáridas e em locais de cultivos sequeiros (CHAVES *et al.*, 2016).

Apesar das intempéries climáticas, a região Nordeste tem expressiva produção de bovinos que necessitam de alimento em todas as estações do ano. Pensando nisso, os produtores encontraram uma solução eficiente de reserva alimentar, a silagem (LIMA *et al.*, 2018). Com a ensilagem pode armazenar bastante alimento volumoso para o período de estiagem (KLEIN *et al.*, 2018).

Devido a esta situação e com o foco em desenvolver ações de convivência com o semiárido, recentes pesquisas estão procurando identificar e desenvolver cultivares de milho com tolerância à restrição de água utilizando técnicas de melhoramento genético (NEVES *et al.*, 2015).

Pode-se citar, como exemplo, o Grupo de Estudos em Melhoramento Vegetal no Semiárido (GEMS), que foi criado na Universidade Federal de Sergipe – Campus Glória, e está desenvolvendo atividades de pesquisas e de extensão desde 2018. A criação deste tem como intuito, fornecer assistência técnica/científica para os agricultores da região do alto sertão sergipano para que consigam produção satisfatória, mesmo com limitação hídrica.

A fim de conseguir tal avanço, faz-se necessário o uso de métodos de melhoramento assim como de determinadas análises estatísticas para se chegar até a cultivar esperada. Diante deste cenário, é realizado a seleção de uma variável com alta herdabilidade e/ou de fácil

mensuração que apresente alta correlação com a característica desejada, sendo assim, uma tática que viabiliza o aumento de ganhos na seleção de genótipos superiores. Dessa forma, o conhecimento das correlações existentes entre variáveis permite planejar estratégias que aumentem os ganhos genéticos com a seleção de mais de uma característica ao mesmo tempo, bem como avançar os ganhos genéticos de um caráter que apresente baixa herdabilidade ou dificuldade de mensuração. (GONÇALVES *et al.*, 2017; FALCONER; MACKAY, 1996).

A análise de correlação de Pearson, mostrar o grau de magnitude e o sentido da associação entre dois caracteres (OLIVOTO *et al.*, 2017), sendo que a natureza dessa correlação pode ser fenotípica, genotípica ou ambiental, embora o maior interesse pelos melhoristas seja a correlação genotípica por apresentar natureza herdável (SALLA *et al.*, 2015). Informações como esta, irão corroborar com futuros avanços no campo do melhoramento genético de plantas.

No entanto, tais informações nem sempre serão decisivas se considerada apenas a variável principal (KOBATA, 2019). Assim, com o intuito de conhecer melhor a magnitude da correlação, a causa e o efeito, sejam eles diretos ou indiretos, de um grupo de variáveis independentes em relação a variável básica (TOEBE *et al.*, 2017), Wright em 1921 descreveu o método da análise de trilha (*Path coeficiente analysis*), que concede um melhor entendimento das associações entre as variáveis, por desdobrar o coeficiente da correlação em efeitos diretos e indiretos que são estimados pela equação de regressão, podendo assim, selecionar plantas a partir dos efeitos indiretos de outras variáveis na variável de interesse (FARIA *et al.*, 2015).

Diante do exposto, objetivou-se com esse trabalho a seleção indireta de genótipos de milho com alta produção de massa de forragem para o Sertão Sergipano.

2. Material e métodos

Durante o ano de 2018 foram avaliados 36 genótipos de milho comerciais e experimentais (Tabela 1), disponibilizados pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA - Milho e Sorgo). O experimento foi conduzido na fazenda Experimental da EMBRAPA Semiárido de Nossa Senhora da Glória, situado entre os municípios de Graccho Cardoso, Feira Nova e Nossa Senhora da Glória, Sergipe, nas coordenadas 10°12'48'' de latitude S, 37°19'06'' de longitude W e 267m de altitude.

Tabela 1. Genótipos de milho avaliados com tipo, ciclo, fase e obtentor. Nossa Senhora da Glória - SE, 2018

Cultivares	Tipo	Ciclo	Fase	Obtentor
HTC795	HTC	P/N	Experimental	Embrapa
Sint 10771 – BRS 4107	V	P/N	Comercial	Embrapa
HTC697	HTC	P/N	Experimental	Embrapa
CAPO	V	SP	Pré-Comercial	Embrapa
HIV 473451	HI	P/N	Experimental	Embrapa
HI(771xHTMV1)	HI	P/N	Experimental	Embrapa
HSmsxHTMV1	HTC	P/N	Experimental	Embrapa
HTC-SP1	HTC	SP	Experimental	Embrapa
HIV 2564260	HI	P/N	Experimental	Embrapa
PC0904	V	P/N	Experimental	IAPAR
BRS 1055	HS	P/N	Comercial	Embrapa
AL AVARÉ	V	P/N	Comercial	CATI
HI(707xHTMV1)	HI	P/N	Experimental	Embrapa
BR2121 (QPM)	HD	P	Comercial	Embrapa
HTC781	HTC	P/N	Experimental	Embrapa
IPR164	V	P/N	Experimental	IAPAR
BRS3046	HT	P/N	Comercial	Embrapa
Sint. Super Prec1	V	SP	Experimental	Embrapa
HTC771	HTC	P/N	Experimental	Embrapa
HTCms-CAPO	HTC	SP	Experimental	Embrapa
AL 2015	V	P/N	Experimental	CATI
HTC707	HTC	P/N	Experimental	Embrapa
UFVM200(HS)C1	V	P/N	Experimental	UFV

continua

conclusão

98CV02	HI	P/N	Experimental	CATI
BRS Gorutuba	V	SP	Comercial	Embrapa
HTC717	HTC	P/N	Experimental	Embrapa
PC0905	V	P/N	Experimental	IAPAR
HTCms15672	HTC	P/N	Experimental	Embrapa
MC 20	V	P/N	Experimental	Embrapa
MC 50	V	P/N	Experimental	Embrapa
MC 60	V	P/N	Experimental	Embrapa
BR5037-Cruzeta G19	V	SP	Comercial	EMPARN
UFVM100(HS)C1	V	P/N	Experimental	UFV
Sint 10717	V	P/N	Experimental	Embrapa
Sint 10795-BRS 4105	V	P/N	Comercial	Embrapa
Potiguar-G13	V	P/N	Comercial	EMPARN

HD = Híbrido Duplo; HS = Híbrido Simples; HI = Híbrido Intervarietal; HT = Híbrido Triplo; V = Variedade; HTC = Híbrido Top-cross; P/N = Precoce/Normal; SP = Super-precoce. Fonte: VALENTINI *et al.*, 2017.

Estes municípios localizam-se na mesorregião do alto e médio sertão sergipano, caracterizada pelos baixos e irregulares índices pluviométricos que podem variar de 700mm a 0mm, com o período chuvoso se estendendo do mês de março até o mês de agosto. Já a temperatura média anual é em torno de 24°C (SILVA, 2016). Segundo a classificação de Köppen-Geiger, o tipo climático é BSh – clima muito quente tipo estepe, estação seca de verão.

Para o acompanhamento do experimento, foi levado em consideração os dados climáticos da região durante os meses de maio a agosto, dando importância aos dados de máxima e mínima temperatura (24,9°C e 21,8°C), umidade (84,9% e 72,5%), pluviosidade (61,4 mm e 21,8mm) e radiação (1115,3kJ/m² e 943,0kJ/m²), fornecidos pela estação meteorológica automática de Nossa Senhora da Glória – SE e disponível no site do Instituto Federal de Meteorologia (INMET), que se encontra no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe (IFS).

Durante a condução do experimento, em 24/05/2018 até sua última avaliação que ocorreu em 09/08/2018, não houve a prática de irrigação, inclusive precisou adiantar as avaliações devido à escassez de chuva no período. Com essa estiagem prolongada que sucedeu nesse ano, ocorreram perdas superiores a 60% do milho grão e perda total do milho forragem (RODRIGUES; CARVALHO, 2018) na região em que o experimento se encontrava.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos incompletos em látice quadrado reticulado 6x6 com duas repetições resultando em 36 tratamentos, obtendo ao total 72 parcelas

experimentais. Tais parcelas foram compostas por 2 linhas de 4 m, com espaçamento entre linhas de 0,80 m e 0,20 m entre plantas. O plantio foi feito de forma manual, colocando apenas uma semente por cova, totalizando 22 por linha e, conseqüentemente, 44 sementes na parcela.

Para o estabelecimento da cultura, antes da semeadura, foi realizado o preparo do solo com um arado de disco que o revolvia a uma profundidade de 30 cm. Posteriormente, utilizou-se uma grade niveladora para destorroar e nivelar o solo para o plantio. Com o solo preparado, fez-se as marcações das linhas para o plantio com um sulcador de três hastes montado no trator a uma profundidade de 10 cm e regulação de 80 cm de distância entre as hastes.

As adubações foram realizadas com base nos resultados das análises do solo (Tabela 2) e seguindo as orientações de Sobral *et al.* (2007). Para adubação de fundação aplicou-se, manualmente, 24 g por metro linear do adubo comercial 10-30-10. Já para a adubação de cobertura, foi aplicado Sulfato de Amônio seguindo a recomendação de 100 kg/ha de N parcelados em duas vezes, aplicando 50% aos 25 dias e aos 35 dias após a emergência na linha a 5 cm da planta.

Tabela 2. Análise química do solo do campo experimental da EMBRAPA Semiárido. Nossa Senhora da Glória -SE, 2018.

M.O.	pH em H ₂ O	Ca	Mg	H+Al	Al	P	K	Na
(g kg ⁻¹)		-----mmol _c dm ⁻³ -----					-----mg dm ⁻³ -----	
22,54	5,83	19,63	18,99	48,02	0,39	1,84	134,91	23,55

M.O.- Matéria Orgânica; Ca – Cálcio; Mg – Magnésio; H+Al – Hidrogênio mais alumínio; Al – Alumínio; P – Fósforo; K – Potássio e Na – Sódio.

Durante o desenvolvimento das plantas, ao constar a presença da lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*) por meio das injúrias causadas no milho, houve a necessidade de aplicar no experimento o inseticida Brilhante (sistêmico de contato e ingestão) na dose de 600 mL/ha. Já para o controle das plantas daninhas utilizou-se o herbicida Atrazina, do grupo químico das triazinas na dose de 250 mL/ha. Ambas as pulverizações foram feitas com o auxílio de uma bomba costal de 20 L.

Com o intuito de facilitar a identificação e promover uma avaliação mais precisa, as parcelas foram etiquetadas. As variáveis avaliadas foram: Altura da planta – AP: média da altura de oito plantas representativas da parcela, por meio da medição da distância do solo até a folha bandeira com uma régua graduada, expressa em centímetros; Diâmetro do colmo – DC; média do diâmetro de oito plantas representativas da parcela com um paquímetro, medindo na parte mediana do internódio acima da quarta folha completamente desenvolvida, expressa em centímetros; Peso das plantas – PP: corte de todas as plantas da parcela e pesagem em balança digital, expressa em Kg;

Média da matéria fresca – MMF: as plantas da parcela foram trituradas em uma forrageira e após retirada de duas amostras foram acondicionadas em sacos de papel, que foram pesadas em uma balança digital, expresso em gramas. Média da matéria seca – MMS: as duas amostras da MMF foram colocadas em estufa de circulação de ar (56 °C) para secar até atingir a massa constante e depois pesadas novamente; Percentagem de matéria seca - %MS: valor obtido pela divisão da MMF pela MMS; Massa de forragem – MF: obtido por meio da Equação 1, em que os valores da MMS foram transformados para Kg de MS/ha;

$$MF = \frac{\text{Peso de planta (g)} * \%MS}{9.6} * 10 \quad (1)$$

Onde:

MF - Massa de forragem

%MS – Percentagem de matéria seca

Para obtenção das análises estatísticas, inicialmente os dados obtidos foram submetidos à análise de variância. Posteriormente, para verificar as correlações fenotípicas, genotípicas e ambientais, realizou-se a análise de correlação de Pearson, onde os dados foram desdobrados para obtenção dos coeficientes da análise de trilha.

O coeficiente de correlação linear de Pearson é definido por:

$$r_{xy} = \frac{\text{Cov}(X,Y)}{\sqrt{V(X).V(Y)}} = \frac{\sigma_{X,Y}}{\sigma_X.\sigma_Y} \quad (2)$$

Em que, Cov X,Y é covariância entre as caracteres aleatórios X e Y; σ_X e σ_Y é o desvio padrão do caractere aleatório de X e Y (SOUZA, 2013).

Já a equação de regressão da análise de trilha, é dada por:

$$Y = P_1X_1 + P_2X_2 + P_3X_3 + P_E^e \quad (3)$$

No qual, P_1 , P_2 , P_3 e P_E são os coeficientes de trilha e e é uma variável padrão que corresponde ao efeito residual. (GOLÇALVES; FRITSCHÉ-NETO, 2012)

Todas as análises estatísticas foram realizadas no software estatístico GENES (CRUZ, 2013).

3. Resultados e Discussão

A análise de variância exibiu diferença significativa nos tratamentos a nível de 1% na média de matéria fresca (MMF), percentagem de matéria seca (%MS) e massa de forragem (MF) e 5% para altura de planta (AP), diâmetro do colmo (DC), peso das plantas (PP) e média de matéria seca (MMS) de confiança pelo teste F, indicando que há variabilidade entre os genótipos de milho para as variáveis fenotípicas analisadas a serem exploradas pelos futuros estudos, possibilitando assim, progressos com a continuidade da seleção para essas características (Tabela 3).

O delineamento em látice mostrou-se mais eficiente com relação ao delineamento em blocos ao acaso e o coeficiente de variação (CV) que avalia a dispersão relativa do conjunto de dados em torno da média, indicando, o quanto homogêneo estão os dados e sua confiabilidade na estimativa da média (KOBATA, 2019; FRITSCHÉ-NETO *et al.*, 2017), apontou que todas as variáveis apresentaram aceitável CV.

Tabela 3. Análise de variância das variáveis altura da planta (AP), diâmetro do colmo (DC), peso das plantas (PP), média da matéria seca (MMS), média da matéria fresca (MMF), percentagem de matéria seca (%MS) e massa de forragem (MF), avaliados em população de genótipos de milho comerciais e experimentais. Nossa Senhora da Glória– SE, 2018.

FV	GL	Quadrados médios				
		AP	DC	PP	MMS	
Repetições	1	407,91	0,007	194376,12	0,004	
Blocos/Rep.	10	148,86	0,04	551560,56	0,0008	
Tratamentos	35	108,00*	0,03*	339058,36*	0.0004*	
Erro intra	25	23,99	0,02	290244,26	0.0004	
		Quadrados médios				
		GL	AP	DC	PP	MMS
CV (%)			12,18	8,18	16,99	15,13
Média			51,96	1,72	3349,01	0,13
Eficiência do látice (%)			139,08	108,86	103,11	106,23

continua

conclusão	Quadrados médios			
	GL	MMF	%MS	MF
Repetições	1	0,02	0,001	6795,43
Blocos/Rep.	10	0,14	0,001	68527,95
Tratamentos	35	0,006**	0,002**	23429,01**
Erro intra	25	0,002	0,002	34350,17
CV (%)		19,82	13,01	17,46
Média		0,44	0,03	1085,44
Eficiência do látice (%)		106,25	97,51	100,61

GL = graus de liberdade; FV = fonte de variação; *, **Significativo a 5% e 1% de confiança pelo teste F, respectivamente.

Para aumentar a eficiência da seleção de um caráter, pode-se utilizar a seleção indireta por meio do uso de caracteres correlacionados, permitindo verificar o grau de interferência de um caráter sobre o outro de interesse (ZUFFO *et al.*, 2016).

Para interpretar a magnitude da correlação (r) levou-se em consideração o modelo de classificação proposto por Mukaka (2012) que considera, de acordo com o valor obtido, como muito baixa (0 a 0,3), baixa (0,3 a 0,5), moderada (0,5 a 0,7), alta (0,7 a 0,9) e muito alta (0,9 a 1).

A variável, MMF apresentou alta correlação positiva (0,82) com MMS, isso é esperado, uma vez que o MMS é obtido da MMF após a retirada da sua umidade, implicando que no aumento de MMF acarretará em ganho para MMS. Já a correlação entre MMF e AP (0,04), DC (0,11), e PP (0,23) foram consideradas muito baixa positiva, demonstrando que essas variáveis têm pouca influência na MMF (Tabela 4).

A MF manifestou alta correlação positiva com o PP (0,79), correlação muito baixa positiva com AP (0,15), DC (0,27), MMS (0,00), e correlação muito baixa negativa com MMF (-0,11). Inferindo que plantas mais pesadas podem produzir maiores volumes de MF, enquanto que as demais variáveis têm pouca atuação sobre MF. Com isso, a variável PP é importante na seleção indireta da variável MF, uma vez que a mesma é de difícil mensuração, por precisar de uma equação para estimar seus valores, pois com esse procedimento pode-se saber qual característica está contribuindo para seu aumento.

A variável PP apresentou correlação muito baixa e baixa positiva com AP (0,23) e DC (0,42), respectivamente, propondo que tais variáveis têm pouca influência sobre PP. Com relação a %MS, esta demonstrou correlação positiva moderada com MMF (0,55) e correlações baixas e muito baixas com PP (0,42), DC (0,27) e AP (0,15), além de estimativas negativas com MMS (-

0,01) e MF (-0,20). Esses resultados expressam que das variáveis analisadas, a MMF tem maior relação com %MS, o que é interessante, uma vez que essa variável, aliada a outros fatores, determina a qualidade do silo e fornece valor nutritivo para o animal (BORGES *et al.*, 2020).

As demais variáveis não são parâmetros na escolha de genótipos de milho nesse trabalho, que podem terem sido influenciados pelo estresse hídrico sofrido pela cultura durante a condução do experimento.

Tabela 4. Estimativas de correlação fenotípica entre as variáveis AP (altura da planta), DC (diâmetro do colmo), PP (peso das plantas), MMS (média da matéria seca), MMF (média da matéria fresca), %MS (percentagem de matéria seca) e MF (massa de forragem). Nossa Senhora da Glória -SE, 2018.

	AP	DC	PP	MMS	MMF	MF	%MS
AP	1						
DC	0,00	1					
PP	0,23	0,42	1				
MMS	-0,06	-0,08	-0,00	1			
MMF	0,04	0,11	0,23	0,82	1		
MF	0,15	0,27	0,79	0,00	0,11	1	
%MS	0,15	0,27	0,42	-0,01	0,55	-0,20	1

As correlações mencionadas anteriormente foram desdobradas em efeitos diretos e indiretos das variáveis explicativas sobre a variável dependente MF (Tabela 5). O valor do coeficiente de determinação (R^2) esclarece o quanto da variação do caractere principal é explicado pelas variáveis explicativas na análise de trilha (LEANDRO, 2016). Pode-se notar pelo R^2 (0,98) que estas características apresentaram alta explicação para as relações de causa e efeitos analisadas para MF, assim como apresenta alto valor de determinação do modelo e baixo efeito residual (0,11), demonstrando que houve baixa interferência do ambiente na estimativa de correlação entre as variáveis, permitindo aferir com segurança a real correlação.

Por meio da análise de trilha, pôde-se verificar que a variável explicativa MF apresentou maior efeito direto com PP (0,89), bem como maior correlação total positiva (0,79). Os efeitos indiretos negativos vias %MS e MMS foram os responsáveis pela diminuição do valor total, mas ainda assim, apresentou alta correlação, apontando que na obtenção de novos genótipos visando maior teor de massa de forragem, um importante componente que deve ser levado em consideração

é PP, que por fazer parte da composição estrutural da planta seu aumento é diretamente proporcional ao acréscimo na produção da MF (BELEZE *et al.*, 2003). Assim como, essa variável está presente na fórmula para obtenção do seu valor.

A MF é considerada complexa por ser resultado de várias associações de características agronômicas, dessa forma a análise de trilha se torna uma ferramenta fundamental na seleção indireta da variável que tenha relação com a massa de forragem (CREVELARI *et al.*, 2018)

Quando as correlações e os efeitos diretos são altos demonstram as associações diretas, de causa-efeito, entre os caracteres presentes na análise (MUNDIM *et al.*, 2013), dessa forma, permitindo maior segurança na seleção indireta (RIOS *et al.*, 2012).

A variável %MS (-0,47) apresentou baixo efeito direto negativo, demonstrando que exerce pouca influência negativa na MF. Por ser uma variável importante para a qualidade da forragem, ela não pode ser desconsiderada do processo. Como dito anteriormente, o estresse hídrico pode ter influenciado as estimativas. As demais variáveis agronômicas apresentaram baixos efeitos diretos em seus valores com a MF.

Quando as variáveis explicativas expressam efeito direto no mesmo sentido e correlação com a variável básica, aponta presença de causa-efeito, implicando que as alterações que ocorrem nessa variável são determinadas pelas variáveis dependentes (CRUZ *et al.*, 2014). Para o melhoramento de plantas é conveniente saber de tais informações (CANAL, 2019), pois torna possível a adoção de estratégias para potencializar os ganhos com a seleção identificando os materiais superiores (GOLÇALVES *et al.*, 2017).

Tabela 5. Estimativa dos efeitos diretos e indiretos das variáveis explicativas AP (altura da planta), DC (diâmetro do colmo), PP (peso das plantas), MMF (média da matéria fresca), %MS (percentagem de matéria seca) e MMS (média de matéria seca) sobre a variável dependente principal MF (massa de forragem). Nossa Senhora da Glória – SE, 2018.

Variáveis	Estimativa de correlação	Variáveis	Estimativa de correlação
Efeito direto sobre MF	0,00	Efeito direto sobre MF	0,04
Efeito indireto via DC	0,00	Efeito indireto via AP	0,00
AP Efeito indireto via PP	0,00	MMF Efeito indireto via DC	0,00
Efeito indireto via MMF	0,00	Efeito indireto via PP	0,01
Efeito indireto via %MS	0,00	Efeito indireto via %MS	0,02
Efeito indireto via MMS	-0,00	Efeito indireto via MMS	0,03
Total	0,15	Total	0,11
Efeito direto sobre MF	0,00	Efeito direto sobre MF	-0,47
Efeito indireto via AP	0,00	Efeito indireto via AP	-0,10
DC Efeito indireto via PP	0,00	%MS Efeito indireto via DC	-0,18
Efeito indireto via MMF	0,00	Efeito indireto via PP	-0,28
Efeito indireto via %MS	0,00	Efeito indireto via MMF	-0,37
Efeito indireto via MMS	-0,00	Efeito indireto via MMS	0,09
Total	0,27	Total	-0,20
Efeito direto sobre MF	0,89	Efeito direto sobre MF	-0,02
Efeito indireto via AP	0,02	Efeito indireto via AP	0,00
Efeito indireto via DC	0,11	Efeito indireto via DC	0,00
PP Efeito indireto via MMF	0,24	MMS Efeito indireto via PP	0,00
Efeito indireto via %MS	-0,45	Efeito indireto via MMF	-0,02
Efeito indireto via MMS	-0,00	Efeito indireto via %MS	0,00
Total	0,79	Total	0,00
Coeficiente de determinação (R ²)			0,98
Efeito da variável residual			0,11

4. Conclusões

A variável peso da planta é importante na seleção indireta da variável massa de forragem, sendo a mais indicado para seleção indireta visando essa variável.

Embora percentagem de matéria seja um fator importante da forragem, ela não foi determinante para massa de forragem.

5. Referências bibliográficas

ADIAHA, M. S. et al. Effect of maize (*Zea mays* L.) on human development and the future of man-maize survival: A review. **World Scientific News**, v. 59, n.1 p. 52-62, 2016.

BERNINI, C. S. et al. Caracteres fisiológicos e agrônômicos em progênes interpopulacionais de milho selecionadas sob condições de déficit hídrico. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.15, p.39-52, 2016.

BORGES, L. da S. et al. Caracterização bromatológica e perfil fermentativo de silagem de capim elefante misturada com ingredientes alternativos. **Research, Society and Development**, v. 9. 2020.

CANAL, G. B. **Melhoramento genético de *Euterpe edulis* para produção de frutos**. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). 2019. 64f. Pós-graduação em Produção Vegetal. Centro de Ciências Agrárias do Espírito Santo, Alegre, 2019.

CAPRIO, C.H. **Interação de variedades de milho sob inoculação com *Azospirillum brasiliense* em diferentes épocas de semeadura**. 2017. 56p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias-UNESP, Jaboticabal, 2017.

CHAVES, M. M. et al. Controlling Stomatal Aperture in Semi-Arid regions- The Dilemma of Saving Water or Being Cool?. **Plant Science**, v.251, p. 54-64, 2016.

CREVELARI, Jocarla Ambrosim et al. Correlations between agronomic traits and path analysis for silage production in maize hybrids. **Bragantia**, v. 77, n. 2, p. 243-252, 2018.

CRUZ, C. D. GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 35, n. 3, p.271-276, 2013.

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3 ed. Viçosa: UFV, 668p. 2014.

FALCONER, D. S. & MACKAY, T. F. C. **Introduction to quantitative genetics**. London: Longman Malaysia. 463p. 1996.

FARIA, L. A. et al. Análise de trilha para crescimento e rendimento de genótipos de milho sob diferentes doses nitrogenadas. **Bio Energy and Food Science**, p. 1-11, mar. 2015.

FRITSCHÉ-NETO, R. et al. (2017). **Updating the ranking of the coefficients of variation from maize experiments**. *Acta Scientiarum*, 34, 99-101. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v34i1.13115>

- GAFFNEY, J. et al. Industry-scale evaluation of maize hybrids selected for increased yield in drought-stress conditions of the US corn belt, **Crop Science**, v. 55, p. 1608-1618. 2015.
- GONÇALVES, D. L. et al. Genetic correlation and path analysis of common bean collected from Caceres Mato Grosso State, Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 47, n. 8, p. 1 – 7. 2017.
- GONÇALVES, M.C.; FRITSCHÉ-NETO, R. **Tópicos especiais de biometria no melhoramento de plantas**, p.22-229,2012.
- KOBATA, S. G. K. **Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de cevada e relações de causa e efeito com o rendimento de grãos**. 2019. 81f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2019.
- KLEIN, J. L. et al. (2018). Desempenho produtivo de híbridos de milho para produção de silagem de planta inteira. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, 17, 101-110.
- LEANDRO, K. R. **Análise de trilha para seleção de caracteres fenotípicos em linhagens de milho** 2016. 44f. Monografia. Curso de Graduação em Estatística. Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Matemática. Uberlândia, 2016.
- LIMA, G. F. da C. et al. Forragens conservadas para o semiárido nordestino: suporte alimentar e potencial de mercado. **Revista Científica de Produção Animal**. v.20, n.2, p.83-89, 2018 - DOI: <http://dx.doi.org/10.5935/2176-4158/rcpa.v20n2p83-89>
- MUKAKA, Mavuto. Statistics Corner: A guide to appropriate use of Correlation coefficient in medical research. **Malawi Medical Journal**, v. 24, n. 3, p. 69–71, 2012.
- MUNDIM, G.B. et al. Genetic diversity and path analysis for nitrogen use efficiency in popcorn inbred lines. **Euphytica**, v.191, n.p.291-299, 2013.
- NEVES, A. L. A. et al. Agronomic characteristics of corn cultivars for silage production. **Ciências Agrárias**. v.36, p.1799-1806, 2015.
- OLIVOTO, Tiago et al. Multicollinearity in path analysis: A simple method to reduce its effects. **Agronomy Journal**, v. 109, n. 1, p. 131-142, 2017.
- PATERNIANI, M. E. A. G. Z. et al. Estratégias de melhoramento para tolerância à seca em germoplasma de milho tropical. **Singular Meio Ambiente e Agrárias**. v.1, p. 49-52, 2019.
- RIOS, S. A. et al. Análise de trilha para carotenoides em milho. **Revista Ceres**, v.59, n.3, p.368-373, 2012.
- RODRIGUES, M.R.B. & CARVALHO, J.F. de. **Situação da estiagem em Sergipe**. Governo de Estado de Sergipe. 54p. Aracaju, 2018.

SALLA, V. P. et al. Análise de trilha em caracteres de frutos de jabuticabeira. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v.50, n.3, p.218-223, 2015.

SILVA, M. C. **Degradação ambiental e áreas suscetíveis à desertificação antrópica no município sergipano de Nossa Senhora da Glória**. 2016. 133f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Sergipe. São Cristóvão, 2016.

SOBRAL, L. F. et al. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes no Estado de Sergipe**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2007. 251 p.

SOUZA, T.V. de. **Aspectos estatísticos da análise de trilha (path anlysis) aplicada em experimentos agrícolas**. 2013. 82p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras. Lavras, 2013.

TOEBE, M. et al. Dimensionamento amostral e associação linear entre caracteres de *Crotalaria spectabilis* Bragantia. **SciELO**. v.76, p.45-53, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-4499.653>.

VALENTINI, L. et al. (2017). **Desempenho de variedades de milho em Campos Goytacazes-RJ**. 114. ed. Niterói: PESAGRO-RIO

WERNCKE, Ivan. **Qualidade de sementes de milho em função do tipo de secagem, armazenamento e aplicação de ozônio**. 2020. 67f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel.

WRIGHT, S. Correlation and causation. **Journal of Agricultural Research**, Washington, v. 20, n. 7, p.557-585, 1921.

ZUFFO, A. M. et al. Caracterização biométrica de frutos e sementes de mirindiba (*Buchenavia tomentosa* Eichler) e de inajá (*Attalea maripa* [Aubl.] Mart.) na região sul do Piauí, Brasil. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 39, n. 1, p.455-472, 2016.

6. Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus, pelo dom da vida que Ele tem me concedido, por nunca me deixar sozinha e sempre ser a luz que me guia nesse mundo. Se hoje estou concluindo esta graduação, foi graças a Deus por ter cumprido o desejo do meu coração e durante esses anos sempre me deu forças, entendimento e sabedoria para lidar com as dificuldades que surgiram. A Deus, sou e sempre serei grata por tudo.

Aos meus amados pais dedico este título de Engenheira Agrônoma, Miguel Neri e a Ivete Ferreira Neri, por serem meu alicerce e maior incentivo. Os senhor e senhora sempre me incentivaram a estudar e nunca desistir dos meus sonhos, depositaram em mim confiança e sempre acreditaram no meu potencial. Falta palavras para expressar o quanto são importantes, o que posso dizer agora é muito obrigada por tudo.

Aos meus queridos irmãos Marcos Roberto, Maurício, José Marcos (in memoriam), Marcelo, Alex e Sandro, por sempre estarem me incentivando e ajudando quando preciso, sei que posso contar com vocês para tudo. As minhas cunhadas/irmãs Edla, Valdilene e Chaiane por todo apoio que vocês sempre me dedicaram. Aos meus sobrinhos Márcio, Alessandra, Gabriel, Lucas, Rafael, Alexandre, Marciel, Lorena, Mateus e Junior, por me motivarem sempre.

Ao meu amado esposo Jefersson Aragão, por todo apoio, carinho, amor e incentivo que sempre me dedicou. Aos meus sogros, Genivaldo (in memoriam) e Lucivânia, e cunhados Joice e Neto, por todo apoio.

A Universidade Federal de Sergipe – Campus Glória por dar condições e estrutura para a realização desse sonho.

A EMBRAPA Semiárido por disponibilizar infraestrutura para realização dos experimentos. E a EMBRAPA Milho e Sorgo por conceder materiais genéticos para realização deste trabalho.

Agradeço ao meu orientador Dr. Gustavo Hugo, não somente por me auxiliar no desenvolvimento deste artigo, mas também por ser um exemplo de profissional para seus alunos e pelos ensinamentos acadêmicos e de vida dados. Obrigada por contribuir para o meu amadurecimento profissional e pelas oportunidades que foram confiadas a mim.

Agradeço também as minhas orientadoras de iniciação científica, Dra. Anny Kelly e Dra. Daniela Bitencurti (in memoriam), e a Dra. Patrícia Rosalba que me orientou na produção de artigos, vocês foram e são figuras importantes de mulheres fortes, empoderadas na minha vida acadêmica e profissional. Vocês são exemplos que inspiram muitas alunas. Muito obrigada por tudo e pelas oportunidades que foram confiadas a mim.

Agradeço ao Projeto Opará: águas do São Francisco pela oportunidade do estágio extracurricular, onde pude adquirir experiências enriquecedoras e conhecer pessoas incríveis.

Agradeço a todos os professores do Núcleo de Agronomia que se dedicam ao máximo para a formação de seus alunos, procurando nos deixar mais preparados para seguir os novos caminhos que cada um de nós iremos trilhar. Aos professores Fabiano, Tiago Garcez, Nilson, Gustavo, Thiago Andrade, Maiana, Camila, Marcos Eric, Lucas, Jairo, Thiago Ricarte, muito obrigada pelos conhecimentos compartilhados.

Agradeço não somente aos da graduação, como também a todos os professores que fizeram parte da minha educação desde o jardim de infância, essa conquista também é fruto dos seus trabalhos.

A todas que fazem parte do Xique-Xique, pelas boas conversas, conselhos, companheirismo.

A todas que fazem parte do GEMS pelo compartilhamento de experiências e condução de experimentos que resultou e resultará em frutos acadêmicos para todos nós.

Agradeço ao Breno, Gean e Nadine, por todas conversas, estudos, materiais, risadas e desesperos compartilhados.

Agradeço a todos os companheiros de graduação, pois foram muitas experiências compartilhadas. Desejo sucesso em suas vidas.

Por fim, agradeço a todos que torcerem e contribuíram, direta ou indiretamente, para que esse dia chegasse. Obrigada.