



**RELAÇÕES ENTRE CARACTERES AGRONÔMICOS E BROMATOLÓGICOS DA
SILAGEM DE MILHO NO SUDOESTE DO PARANÁ, BRASIL**

*RELATIONS BETWEEN THE CHEMICAL AND AGRONOMIC CHARACTERS
CORN SILAGE IN SOUTHWEST OF PARANÁ STATE, BRAZIL*

Acir Felipe Grolli Carvalho

União de Ensino do Sudoeste do Paraná – UNISEP, Brasil

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-1393-6049>

E-mail: acirfelipe@yahoo.com.br

Fernando Sintra Fulaneti

Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, Brasil

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-6074-7873E>

E-mail: fernando.sintrafulaneti@gmail.com

Renata Ehlers Dos Santos

Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, Brasil

Orcid link: <https://orcid.org/0000-0003-3782-2318>

E-mail: renata_ehlers@hotmail.com

Glauber Monçon Fipke

Universidade Federal do Pampa do Campus Itaqui –

UNIPAMPA, Brasil

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-9621-1678>

E-mail: gm.fipke@hotmail.com

Edgar Salis Brasil Neto

Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, Brasil

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-6568-5325>

E-mail: edgarbrasilneto@yahoo.com.br

Thomas Newton Martin

Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, Brasil

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-4549-3980>

E-mail: martin.ufsm@gmail.com

Submetido: 11 ago. 2023

Aprovado: 19 set. 2023

Publicado: 26 set. 2023.

E-mail para correspondência:

martin.ufsm@gmail.com

Resumo: O milho (*Zea mays* L.) é uma das plantas cultivadas mais importantes no mundo, sendo utilizada, principalmente, como silagem na alimentação de ruminantes. Objetivou-se com esse trabalho verificar as relações entre os caracteres agronômicos de plantas de milho, a produção de matéria seca, proteína bruta, fibra em detergente neutro e energia líquida de lactação da silagem. O experimento foi realizado no oeste do Paraná em dois anos agrícolas (2009/10 e 2010/11). As sementes de milho foram fornecidas pela instituição responsável pela rede de ensaios de competição de genótipos de milho para a referida região do Brasil. O delineamento experimental utilizado foi o de látice (reticulado) com 47 genótipos (2009/10) e alfa látice com 39 genótipos (2010/11). Foram estimados coeficientes de correlação de Pearson entre caracteres morfológicos (plantas) e massa seca total e caracteres bromatológicos (silagem). As relações entre caracteres de milho para a produção de silagem devem priorizar os genótipos com maiores proporções de: colmos, número de espigas e produção de grãos por hectare, massa de espiga, número de fileiras e diâmetro de espiga, dias para o florescimento e número de folhas verdes. Plantas de menor estatura apresentaram efeito direto e positivo sobre o teor de proteína bruta e fibra em detergente neutro.

Palavras-chave: Análise de trilha. Energia líquida de lactação. Fibra em detergente neutro. Produção de matéria seca. Proteína bruta.



Abstract: Maize (*Zea mays* L.) is one of the most important crops in the world, mainly used in feed for ruminants usually provided in the form of silage. The objective of this study was to investigate the effects of agronomic traits on production of dry matter, crude protein, neutral detergent fiber and net energy for lactation of corn silage. The experiment was carried out in western Paraná in two agricultural years (2009/10 and 2010/11). Maize seeds were supplied by the official institution for the network experiments of maize genotypes for that region of Brazil. The experimental design was used lattice (lattice) with 47 treatments (genotypes) (2009/10) and alpha lattice design with 39 genotypes (2010/11), both with two replications. Coefficients were estimated Pearson correlation of 29 morphological and chemical characteristics. Relations between corn characters for the production of silage should prioritize genotypes with higher proportions of: stem, number of ears and grain yield per hectare, spike mass, number of rows and ear diameter, days to flowering and number green leaves. Of smaller stature plants had direct positive effect on crude protein and neutral detergent fiber.

Keywords: Crude protein. Net energy of lactation. Neutral detergent fiber. Path analysis; Production of dry matter.

Introdução

O milho (*Zea mays* L.) é uma das plantas cultivadas mais importantes no mundo, utilizado principalmente na alimentação animal ⁽¹⁾. A principal e mais importante forma de uso do milho na alimentação de ruminantes é como silagem ⁽²⁾. O valor nutritivo da silagem de milho pode variar conforme o genótipo, principalmente quanto aos teores de fibra e outros traços associados e que afetam a digestibilidade ⁽³⁾.

Os programas de melhoramento genético não desenvolvem genótipos específicos para a produção de silagem, sendo muitas vezes recomendados genótipos destinadas à produção de grãos ⁽⁴⁾. Dessa forma, os genótipos geralmente são selecionados com base na produção de grãos e massa verde total para confecção de silagem de milho e observa-se falta de seleção de outros componentes da planta, como os teores de fibra, que reduz a qualidade da silagem ⁽⁴⁾.

Atualmente os genótipos de milho disponibilizados no mercado possuem uma elevada taxa de substituição devido à característica alógama das plantas de milho. Tal fato é alavancado pelos resultados do ganho genético, obtido pela média de produtividade em biênios, através dos ensaios de competição de cultivares ⁽⁵⁾; e principalmente, à habilidade das empresas no processo de difusão de tecnologias como o lançamento de novas cultivares a cada ano agrícola.

O conhecimento das correlações entre os caracteres também é de grande importância para o sucesso em programas de melhoramento, sendo uma técnica acessível que estima o



grau de associação entre importantes caracteres ⁽⁶⁾. Assim, o estudo das relações entre os diversos caracteres das plantas permite direcionar a seleção, favorecendo os caracteres de produtividade e qualidade mais desejados. Por meio de técnicas estatísticas pode-se melhorar o processo de tomada de decisão a respeito da manutenção, substituição e/ou adição de novos genótipos no processo produtivo. A análise de trilha desdobra as estimativas dos coeficientes de correlação de Pearson em efeitos diretos e indiretos sobre uma variável principal. Esse método é baseado em possíveis inter-relações e associações de diferentes variáveis fitotécnicas expressas em diagramas de trilha ^(7,8).

As relações entre os caracteres de plantas de milho com caracteres bromatológicos da respectiva silagem, usando diferentes genótipos de milho não são bem conhecidas. Estas relações são importantes para subsidiar a identificação de genótipos adequados para a produção de silagem de boa qualidade. Como hipóteses entende-se que existe relação entre as variáveis morfológicas, caracteres agrônômicos e as características bromatológicas para a produção de silagem e conseqüentemente estimação de leite produzido a partir desse híbridos. Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi o de verificar as relações entre os caracteres agrônômicos de plantas de milho, a produção de matéria seca, proteína bruta, fibra em detergente neutro e energia líquida da silagem.

Metodologia

O experimento foi realizado na área experimental e no laboratório de Análises de Alimentos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Campus de Dois Vizinhos em dois anos agrícolas (2009/10 e 2010/11). A região compreende o terceiro planalto paranaense, com altitude de 520 m, latitude de 25° 44" Sul e longitude de 53° 04" Oeste. O clima predominante na região é do tipo subtropical úmido mesotérmico (Cfa), segundo a classificação de Köppen ⁽⁹⁾.

Em ambos os anos de experimentos, as sementes de milho foram fornecidas pela Embrapa Milho e Sorgo (Sete Lagoas, MG), sendo que as mesmas fazem parte dos ensaios de competição de genótipos de milho do Brasil. No experimento do ano agrícola 2009/10 foram avaliados 47 genótipos e para o ano agrícola de 2010/11 foram avaliados 39 genótipos de milho (Tabela 1).



Tabela 1. Nome comercial, empresa produtora (Emp), base genética (BG), dureza do grão (DG) e cor do grão (Cor) dos genótipos pertencentes ao ano agrícola de 2009/10 e ano agrícola de 2010/11

| Nome Comercial 2009/10 | Emp * | BG ** | DG *** | Cor **** | Nome Comercial 2009/10 | Emp * | BG ** | DG *** | Cor **** |
|---------------------------|----------|----------|-----------|-------------|---------------------------|----------|----------|-----------|-------------|
| AS 1522 | AGE | HS | SD | AL | 2B655HX | Dow | HT | SD | AL |
| AS 1596 | AGE | HS | SD | AM | AL AVARÉ | CATI | V | SD | AL |
| BG 9619 | AGE | HS | NI | NI | AL BANDEIRANTE | CATI | V | SD | AL |
| BH 9546 | AGE | HS | NI | NI | BRS 1060 | BRS | HS | SD | A/A |
| BH 9727 | AGE | HS | NI | NI | BRS 1055 | BRS | HS | SD | A/A |
| AS 3421 YG | AGE | HT | SD | A/A | BRS 3040 | BRS | HT | SD | A/A |
| 30A86HX | AGN | HS | SD | AL | BRS CAIMBÉ | BRS | V | SD | AL |
| 30A91 | AGN | HS | SD | AL | BRS SINTETICO 1X | BRS | V | SD | AL |
| 30A95 | AGN | HS | SD | AL | GNZX 9505 | GNZ | HS | SD | AL |
| AGN 30A70 | AGN | HS | SD | AL | GNZX 9623 | GNZ | HS | SD | AL |
| 20A55 | AGN | HT | SD | AL | IAC 3021 | IAC | V | DM | AL |
| BMX 790 | BIO | HT | SD | V/A | IAC 8390 | IAC | HI | SD | AL |
| BM 502 | BIO | HD | D | V/A | P3646 | PIS | HS | SD | A/A |
| CD 327 | CD | HS | D | AL | P 3862 | PIS | HS | SD | A/A |
| CD 351 | CD | HS | SD | AL | PRE 32D10 | PRE | HD | SD | AL |
| CD 378 | CD | HS | D | AL | SHX 7222 | SHX | HS | D | V/A |
| CD 384 | CD | HT | D | AL | SHX 7323 | SHX | HS | D | V/A |
| CD 308 | CD | HD | SD | AL | SHX 5121 | SHX | HT | D | V/A |
| CD 388 | CD | HD | SD | AM | P30F35 (TEST) | PIS | HS | NI | NI |
| DX 809 | DT | HS | SD | A/A | BRS 2022 (TEST) | BRS | HD | NI | NI |
| DSS 2002 | DS | HT | SD | AL | AG 7088 (TEST) | AGR | HS | NI | NI |
| BRS 1040 (TEST) | BRS | HS | SD | A/A | DKB 390 (TEST) | DKB | HS | NI | NI |
| 2B604HX | Dow | HS | SD | AL | AL PIRATININGA (TEST) | CATI | V | NI | NI |
| 2B707 | Dow | HS | SD | AL | | | | | |
| Nome Comercial 2010/11 | Emp * | BG ** | DG *** | Cor **** | Nome Comercial 2010/11 | Emp * | BG ** | DG *** | Cor **** |
| LAND-105 | LAND | HS | SD | A/A | BRS 1F632 | BRS | HS | SD | A/A |
| 30A86HX | AGN | HS | SD | AL | BRS 3G739 | BRS | HT | SD | A/A |
| 30A91Hx | AGN | HS | SD | AL | BRS 2E530 | BRS | HD | SD | A/A |
| 30A95Hx | AGN | HS | SD | AL | GNZ 9535 | GNZ | HS | SD | AL |
| 20A55Hx | AGN | HT | SD | AL | GNZ 9575 | GNZ | HS | DM | A/A |
| BMX 861 | BIO | HS | SD | A/A | GNZ 9626 | GNZ | HS | SD | V/A |
| BMX 790 | BIO | HT | SD | V/A | 30F35H | PIS | HS | NI | NI |
| CD 386Hx | CD | HS | SD | AL | P3646H | PIS | HS | SD | A/A |
| CD 393 | CD | HS | D | AL | P3862Y | PIS | HS | DM | AM |
| CD 384Hx | CD | HT | SD | AL | SHX-7770 | SHX | HS | D | V/A |
| CD 397 YG | CD | HT | DM | AM | SHX-5550 | SHX | HT | D | V/A |
| ExpCr105 | CRG | HS | SD | NI | SHX-5560 | SHX | HT | D | AL |
| ExpCr106 | CRG | HS | NI | NI | XBX 80281 | SML | HS | D | AL |
| 2B604HX | Dow | HS | SD | AL | XBX70202 | SML | HS | SD | AL |
| 2B707Hx | Dow | HS | SD | AL | AIGS 112 | SG | HS | D | AL |
| 2B655HX | Dow | HT | SD | AL | AIGS 232 | SG | HS | D | A/A |
| AL Avaré | CATI | V | SD | AL | SG 6030 YG | SG | HS | SD | AL |
| AL Bandeirante | CATI | V | SD | AL | AG7088 | AGR | HS | SD | AL |
| BRS 1F583 | BRS | HS | SD | A/A | BRS1060 | BRS | HS | SD | V/A |
| Dx 809 | DT | HS | SD | A/A | | | | | |

*Empresa: AGE – Agroeste; AGN – Agromen Tecnologia; BIO - Biomatrix; CD - Coodetec; DT – Delta; DS – Di Solo; DOW – Dow AgroSciences; CATI – DSMM/CATI; BRS - EMBRAPA; GNZ – Gêneze Sementes; IAC – IAC; PIS – Pioneer Sementes; SHX – Santa Helena Sementes; AGR – Agrocereis;



DKB – Dekalb; PRE – Prezzotto; LAND – Agrigenética Land; CRG – Criagene SK; SML - Semeali; SG – Sementes Gerra S.A.. **Base Genética: HS – Híbrido Simples; HT – Híbrido Triplo; HD – Híbrido Duplo; V – Variedade; HI – Híbrido Intervarietal. ***Dureza do grão: SD – Semi Duro; D – Duro; DM – Dentado Mole. ****Cor do grão: A/A – Amarelo/Alaranjado; AL – Alaranjado; V/A; Vermelha/Alaranjada; AM – Amarela. ****NI: Não informado pela empresa.
Fonte: Dos autores (2009/11).

As parcelas foram compostas por duas fileiras de cinco metros de comprimento espaçadas por 75 cm entre fileiras, aproximadamente 20 cm entre plantas. O delineamento experimental utilizado foi o de látice (reticulado) com 47 tratamentos (2009/2010) e alfa-látice com 39 tratamentos (2010/11), ambos com duas repetições. Os experimentos foram semeados conforme o zoneamento agrícola vigente e a população final de plantas foi ajustada para 66.666 plantas por hectare.

O manejo da cultura do milho foi realizado de acordo com as indicações técnicas para o cultivo convencional de milho no Estado do Paraná. A adubação de base foi de 40 kg de nitrogênio (N) ha⁻¹, 160 kg de super fosfato simples ha⁻¹ e 60 kg de cloreto de potássio ha⁻¹. A adubação de cobertura foi realizada, quando as plantas apresentarem cinco a seis folhas totalmente desenvolvidas utilizando-se 190 kg de ureia (45% de N) ha⁻¹.

A colheita das plantas de milho para silagem foi realizada quando os grãos atingiram a fase de grão pastoso a farináceo, por meio de corte manual de uma das fileiras das parcelas, a 20 cm de altura em relação ao solo. Das plantas colhidas para o processamento da silagem, realizou-se a retirada de uma planta representativa da parcela para a realização da separação morfológica em colmo, folha e espiga. Posteriormente o material foi triturado, com tamanho de partícula aproximado de 1,5 cm.

Foi separada uma amostra homogênea de três quilogramas do total do material triturado, para serem ensilados em microsilos laboratoriais de canos de policloreto de vinila (PVC), com 100 mm de diâmetro e 500 mm comprimento, com massa específica aproximada de 828 kg m³. O material permaneceu ensilado por 46 dias para ambos os experimentos e após esse período, os microsilos foram abertos para que as análises bromatológicas fossem realizadas. Foram retirados 400 g de silagem de milho do material de cada microsilo e realizado a secagem em estufa de ventilação forçada com temperatura de 55°C por três dias ou até que se estabiliza a massa da amostra.

As características avaliadas foram matéria mineral (MM, %), extrato etéreo (EE, %) e proteína bruta (PB, %): valores médios das análises, foram determinados segundo os métodos da AOAC (1980) citados por Silva & Queiroz ⁽¹⁰⁾. Fibra em detergente neutro



(FDN, %): valores médios das análises, foram conduzidas de acordo com Mertens ⁽¹¹⁾. Fibra em detergente ácido (FDA, %): valores médios das análises, foram conduzidas de acordo com Van Soest *et al.* ⁽¹²⁾. A estimativa da energia líquida de lactação (ELL, mcal/kg MS) estimado por $ELL = (1,044 - 0,0124 * FDA) * 2,2$ e $NDT = (53,1 * (ELL/2,2) + 31,4)$.

Os caracteres agrônômicos nas plantas, avaliados em ambos os experimentos, foram os seguintes: matéria seca total (MST, kg ha⁻¹): realizada por meio de secagem do material que foi ensilado em estufa de ventilação forçada com temperatura de 55°C por três dias ou até estabilizar a massa da amostra, sendo estimada a produção por hectare, estimado pela amostra que representa a área da parcela. A percentagem de colmo (PC), folhas verdes (PF) e espiga (PE) da planta de milho: realizado pela separação morfológica em uma planta de milho, e por meio da quantidade de matéria seca do material foi determinada a porcentagem de cada componente da planta. O diâmetro de colmo (DC, cm), comprimento de espiga (CE, cm), diâmetro de espiga (DE, cm), massa de espiga (ME, g), número de grão na fileira (NGF), número de fileiras (NF): valor médio de cinco espigas de milho retiradas aleatoriamente. Número de dias para o florescimento (DF, dias): dias da semeadura até 50% dos pendões visíveis. A produtividade total de grãos (PG, kg ha⁻¹) foi realizada depois da debulha das espigas, pesando o total de grãos da parcela (na fileira mantida para colheita para grãos); massa de cem grãos (MCG, g): valor médio da massa de cem grãos, com três amostras por parcela e o número de plantas acamadas e quebradas (NPQA).

Para cada ano, foram analisados 17 caracteres explicativos (DF, EP, EIE, DC, CE, DE, NGF, NF, ME, MCG, PG, PC, PF, NE, NP, PE e NPQA) nas plantas de milho e quatro caracteres dependentes (matéria seca total - MST, proteína bruta - PB, fibra em detergente neutro - FDN e energia líquida de lactação - ELL) referentes às análises bromatológicas da silagem e produtividade da silagem (MST). Foi estimada a matriz de correlação de Pearson entre os caracteres explicativos. Também foi estimada a correlação de Pearson de cada caractere dependente com todos os caracteres explicativos. Procedeu-se ao diagnóstico da multicolinearidade ⁽¹³⁾, visando-se a eliminação de caracteres causadoras de multicolinearidade na matriz de correlação dos caracteres explicativos. Em seguida, para cada ano, as correlações entre cada um dos caracteres bromatológicos com os caracteres explicativos foram desdobradas em efeitos diretos e indiretos, por meio da análise de trilha ⁽¹²⁾. Para as análises estatísticas foi usado o aplicativo Genes ⁽¹⁴⁾.

Resultados e Discussões



Os caracteres DF, EP, EIE, DE, NF, ME, PG, PC, PF, NE e NP são apresentaram correlações positivas e/ou negativas significativas ($p < 0,05$) com alguns dos caracteres MS, PB, FDN e ELL (Tabela 2). Portanto, existe influência, de algum modo, a expressão destes caracteres. Esses resultados apontam aspectos positivos na seleção de genótipos de milho para silagem, principalmente considerando que MST⁽¹⁵⁾, PB⁽¹⁶⁾, FDN⁽¹⁷⁾ e ELL são caracteres de interesse na nutrição de animais ruminantes. Assim, para a silagem de milho, pode-se realizar a seleção de genótipos pelos caracteres correlacionados. Algumas correlações foram baixas e positivas (0,20 a 0,01) e outras baixas e negativas (-0,01 a -0,20), no entanto, para nenhuma dessas correlações verificou-se significância pelo teste t ($p < 0,05$).

Tabela 2. Coeficientes de correlação (r) entre caracteres de milho⁽¹⁾ e efeitos direto (ED) sobre a matéria seca total, proteína bruta, fibra em detergente neutro e energia líquida de lactação da silagem, para os anos de 2009/10 e 2010/11 e o coeficiente de determinação (R²)

| (1) | Matéria seca total | | | | Proteína bruta | | | | Fibra em detergente neutro | | | | Energia líquida de lactação | | | |
|----------------|--------------------|-------|---------|-------|----------------|-------|---------|-------|----------------------------|-------|---------|-------|-----------------------------|-------|---------|-------|
| | 2009/10 | | 2010/11 | | 2009/10 | | 2010/11 | | 2009/10 | | 2010/11 | | 2009/10 | | 2010/11 | |
| | r | ED | r | ED | r | ED | r | ED | r | ED | r | ED | r | ED | r | ED |
| DF | -0,07 | -0,06 | 0,15 | 0,08 | 0,09 | 0,06 | 0,13 | 0,12 | 0,12 | 0,09 | 0,29* | 0,22 | -0,25* | -0,16 | -0,05 | 0,05 |
| EP | -0,21* | -0,26 | 0,12 | -0,08 | 0,08 | 0,15 | 0,22* | 0,26 | 0,21* | 0,27 | 0,20 | 0,09 | -0,26* | -0,04 | -0,17 | -0,10 |
| EIE | -0,12 | 0,11 | 0,04 | 0,05 | -0,03 | -0,2 | 0,09 | -0,05 | 0,13 | -0,08 | 0,22* | 0,12 | -0,29* | -0,10 | -0,12 | -0,04 |
| DC | 0,01 | 0,11 | -0,02 | 0,1 | 0,08 | 0,07 | 0,15 | 0,06 | 0,10 | 0,00 | -0,14 | -0,15 | -0,13 | -0,03 | 0,02 | 0,04 |
| CE | 0,08 | 0,07 | 0,03 | -0,02 | 0,05 | -0,09 | -0,18 | -0,15 | 0,01 | 0,14 | -0,06 | -0,09 | -0,15 | -0,20 | 0,08 | 0,18 |
| DE | 0,16 | 0,11 | -0,03 | -0,26 | -0,07 | -0,07 | -0,02 | -0,05 | -0,20* | -0,13 | -0,21 | -0,29 | 0,05 | 0,04 | 0,23* | 0,43 |
| NGF | 0,11 | 0,18 | 0,03 | -0,02 | 0,03 | -0,07 | 0,04 | 0,19 | -0,05 | 0,14 | -0,12 | -0,04 | -0,09 | -0,08 | 0,14 | 0,00 |
| NF | 0,26* | 0,18 | 0,11 | 0,04 | -0,10 | -0,23 | -0,21 | -0,07 | -0,08 | 0,31 | -0,12 | -0,22 | 0,10 | -0,18 | 0,09 | 0,11 |
| ME | 0,12 | -0,14 | 0,06 | -0,01 | 0,11 | 0,21 | -0,10 | 0,06 | -0,20* | -0,35 | -0,05 | 0,22 | 0,01 | 0,22 | 0,09 | -0,32 |
| MCG | -0,14 | -0,04 | 0,02 | -0,16 | 0,08 | -0,01 | 0,10 | 0,25 | -0,01 | 0,07 | 0,10 | 0,06 | -0,15 | -0,14 | -0,10 | -0,12 |
| PG | 0,12 | 0,05 | 0,49* | 0,19 | 0,20* | 0,17 | -0,13 | -0,22 | -0,24* | -0,37 | 0,07 | 0,04 | 0,00 | 0,04 | 0,01 | 0,05 |
| PC | -0,05 | 0,09 | 0,26* | 0,16 | 0,10 | 0,06 | 0,16 | 0,26 | 0,16 | 0,07 | 0,07 | 0,10 | -0,12 | -0,01 | -0,11 | -0,21 |
| PF | -0,25* | -0,18 | -0,28* | -0,06 | -0,05 | -0,07 | 0,02 | 0,06 | 0,16 | 0,07 | -0,05 | 0,01 | -0,35* | -0,32 | 0,01 | -0,09 |
| NE | 0,00 | -0,04 | 0,34* | -0,11 | 0,27* | 0,21 | -0,10 | 0,01 | 0,05 | 0,22 | 0,07 | 0,05 | -0,05 | -0,04 | 0,02 | 0,05 |
| NP | 0,10 | 0,12 | 0,73* | 0,73 | 0,06 | 0,02 | -0,08 | -0,06 | -0,05 | -0,05 | 0,13 | 0,07 | 0,05 | -0,02 | -0,02 | -0,09 |
| R ² | 0,18 | | 0,65 | | 0,22 | | 0,25 | | 0,25 | | 0,24 | | 0,25 | | 0,15 | |

(1)DF: Dias para o florescimento pleno; EP: Estatura da planta; EIE: Estatura de inserção de espiga; DC: Diâmetro de colmo; CE: Comprimento de espiga; DE: Diâmetro de espiga; NGF: Número de grãos por fileira; NF: Número de fileiras por espiga; ME: Massa de espiga; MCG: Massa de cem grãos; PG: Produção de grãos por hectare; PC: Percentagem de colmo da planta de milho; PF: Percentagem de folhas verdes da planta de milho; NE: Número de espigas por hectare; NP: Número de plantas por hectare; *Significativo pelo teste t ($p < 0,05$).

Fonte: Dos autores (2009/11).



A seleção dos genótipos com base nos teores de MS, PB, FDN e ELL significa maior rapidez no melhoramento dos genótipos de milho para silagem, melhorando a produção de ruminantes. O diagnóstico de multicolinearidade revelou que dos 17 caracteres explicativos, a existência de colinearidade severa, para os dois anos do experimento, com número de condição (NC) de Montgomery & Peck (1981) (citado por Cruz *et al.* ⁽¹³⁾ igual a 11.667.622 para o primeiro ano e 4.431.001 para o segundo ano, ultrapassando o limite de severidade (NC = 1.000). Com a eliminação dos caracteres percentagem de espigas da planta (PE) e número de plantas quebradas e acamadas (NPQA), da matriz de correlações dos caracteres explicativos, esta apresentou colinearidade fraca para os dois anos de experimento (NC = 19 e 21). O caractere PE, por estar muito correlacionada com variável caractere PF, que está correlacionada com caracteres dependentes (MST, FDN e ELL), entre outras, influencia a correlação dos demais caracteres, causando multicolinearidade e estimativas tendenciosas dos efeitos diretos e indiretos. O caractere NPQA foi retirado da análise por não apresentar correlação com nenhum caractere estudado.

Dos caracteres explicativos correlacionados com os caracteres dependentes, poucas delas influenciaram a produção de MST e os teores de PB, FDN e ELL, para ambos os anos agrícolas. Para determinar o caractere que pode interferir nesses caracteres é usado o efeito direto obtido pela análise de trilha (Tabela 2).

Observando o efeito direto, para o primeiro ano de experimento, constata-se que a seleção de plantas de milho com menor EP e PF e maior NF tem efeito direto sobre o aumento da produção de MST de silagem de milho, cujos coeficientes de correlação e de efeito direto são semelhantes em magnitude e sinal. De acordo com Cruz *et al.* ⁽¹³⁾, quando o coeficiente de correlação e o efeito direto forem semelhantes, em magnitude e sinal, essa correlação explica a verdadeira associação entre as variáveis. Desse modo, para elevar a produção de MST, deve-se selecionar plantas com menor PF, devido ao caractere ser a menor fração da estrutura da planta de milho, contribuindo menos com a produção de MST. Também, quanto menor a EP maior será a produção de MST, já que a proporção de espiga tem maior representação na planta de milho. Mendes *et al.* ⁽¹⁴⁾, encontraram resultados contrários, obtiveram coeficientes de correlação positiva e significativa ($r = 0,66$) entre produção MST com estatura de planta, para híbridos de milho indicados para produção de silagem. Neste experimento, o caractere PF foi altamente correlacionada ($r = -0,79$) com proporção de espiga na planta de milho no primeiro ano, mas teve que ser retirada da análise de trilha por provocar



multicolinearidade severa. Çarpici & Celik ⁽¹⁸⁾ encontraram resultados contrários, em estudo com milho forragem, com correlação positiva e significativa, e efeito direto de altura de planta e proporção de folhas da planta de milho, sobre a produção de matéria seca. Por outro lado, Silva *et al.* ⁽¹⁹⁾ relatam que não houve correlação entre altura de planta e a produção de MST para silagens de milho.

Outro fator, que na seleção de milho, proporcionaria maior produção de MST da silagem, é o NF, podendo ser explicado devido ao caractere estar correlacionado com a ME ($r = 0,37$) e a PG ($r = 0,34$). Esses componentes de espiga são responsáveis pela maior fração da planta correspondendo a, aproximadamente, 50% da fração da planta de milho neste experimento (51,8% no primeiro ano e 59,2% no segundo ano), o que contribui para maior produção de MST. Segundo Klein *et al.* ⁽²⁰⁾, no ponto de ensilagem, colmo e espiga são os componentes de maior participação na composição da planta de milho, principalmente em genótipos de ciclo precoce, que possuem maior participação de grãos na composição da planta. Santos *et al.* ⁽²¹⁾, encontraram valores médios de PE correspondente 64% da planta de milho. Em um estudo da qualidade de silagem de milho com plantas de diferentes proporções de espiga (0, 25, 50, 75 e 100%), Costa *et al.* ⁽²²⁾ encontraram valores de produção de MST de 14,20 t ha⁻¹ (plantas com 100% de espiga), diminuindo a produção por área com a redução da porcentagem de espiga na silagem de milho. Os autores relatam ainda que a produção de MST da espiga, da folha e do colmo foi de 7,50 t ha⁻¹, 3,48 t ha⁻¹ e 3,22 t ha⁻¹, respectivamente.

Foram verificadas diferenças nas correlações e efeitos diretos entre os dois anos de experimento. No segundo ano de experimento, observou-se que a seleção de plantas de milho com maior PC ($r = 0,26$) e NP ($r = 0,73$), tem efeito direto sobre o aumento da produção de MST de silagem de milho. Os caracteres PG, PF e NE apresentaram correlação significativa ($p < 0,05$) com a produção de MST, devido ao efeito indireto (resultados não apresentados) do caractere NP. No entanto, para o caractere PF, houve correlação negativa em relação à produção de MST. Neste caso, a seleção de genótipos vai ser para aumentar o NP, que tem efeito direto e indireto para aumentar a produção de MST. Como consequência, a PF vai diminuir, com o aumento da densidade, devido à forte concorrência entre as plantas por luz ⁽²³⁾. No entanto, como foi realizado o desbaste para a padronização da densidade de plantas, não há como saber qual seria a densidade ótima para a produção de MST da silagem de milho neste trabalho.

Quando a densidade de plantas excede a quantidade ótima, há consequências negativas na formação da espiga, como à esterilidade, o que pode prejudicar a qualidade da



silagem de milho e diminuir a produção de MST devido a menor produção de grãos. Mukhatar *et al.* ⁽²³⁾ trabalhando com a produção e com componentes de produção com diferentes densidades de plantas, concluíram que com o acréscimo na densidade de plantas houve um incremento na produtividade de grãos de híbridos de milho, o que poderia levar ao aumento da produção de MST. Entretanto, há um ponto ótimo para esse aumento de densidade de plantas, pois há redução na produção de grãos por planta e redução de folhas verdes por área com o incremento da densidade de plantas.

No primeiro ano, a escolha de genótipos com maior PG e maior NE tem efeito direto e positivo sobre a percentagem de PB da silagem. De forma diferente, no segundo ano apenas a EP teve correlação positiva ($r = 0,22$) e significativa, com efeito direto semelhante e de mesmo sinal com a percentagem de PB. Assim, a escolha de genótipos com maiores teores de PG, NE e EP, pode ser eficiente para aumentar o teor de PB. Selvaraj & Nagarajan ⁽²³⁾ observaram que houve efeito direto da PB sobre a produção de grãos de milho, em estudo sobre os caracteres qualitativos de produção de grãos através da análise de trilha. Ainda relatam que houve correlação positiva e significativa de EP com PB do grão de milho. Da mesma forma, Abirami *et al.* ⁽²⁵⁾ indicaram que a produção de grãos mostrou associação positiva com o teor de proteína do grão de milho. Ressalta-se que a PB utilizada para este estudo foi da silagem da planta inteira e os autores citados fazem referência a PB de grãos.

Nos dois anos de experimentos, houve caracteres como EIE, NF, ME, PC, PG e MCG, que apresentaram efeito direto elevado com a percentagem de PB, mas devido aos efeitos indiretos (resultados não apresentados), não houve correlação significativa entre os caracteres. Segundo Cruz *et al.* ⁽¹³⁾, quando o coeficiente de correlação é desprezível e o efeito direto apresentando-se alto, os efeitos indiretos é que são responsáveis pela falta de correlação.

A seleção de plantas de milho com maior EP, e com menor ME e PG proporcionam efeito direto sobre o aumento da FDN na silagem de milho de 2009/10. Além disso, os efeitos de DE, sobre a FDN ocorre indiretamente através da ME. Verifica-se que, tanto a seleção direta, quanto à indireta, do parâmetro ME, é eficiente para diminuir a FDN, pois os efeitos diretos também contribuíram através de vias indiretas para a redução da FDN. Para esse caso, segundo Lopes *et al.* ⁽²⁶⁾, a melhor estratégia seria a seleção simultânea de caracteres, com ênfase, também, nos caracteres cujos efeitos indiretos são maiores. Deve-se lembrar de que a FDN é um caractere que está negativamente correlacionada com a capacidade de ingestão da MS, desta forma quanto maior o teor de FDN, pior a qualidade da silagem, dessa



forma, a seleção dos caracteres para FDN, deve ser ao contrário.

No segundo ano do experimento, foram verificadas diferenças nas relações de causas e efeitos, comparados ao primeiro ano de experimento. Os caracteres DF e EIE influenciam diretamente a FDN, sendo a correlação e os efeitos diretos de magnitude e sinal semelhantes. Assim, a seleção de genótipos para silagem deve ser realizada para maior precocidade e menor estatura de inserção de espiga, visto que o envelhecimento dos tecidos dos vegetais e a maior estatura de planta induzem a redução na digestibilidade e o consumo.

Em relação à DE, observa-se correlação negativa ($r = -0,21$), associada a um efeito direto semelhante sobre FDN. Quando o coeficiente de correlação é nulo e o efeito direto positivo (ou negativo), devem-se eliminar os efeitos indiretos da análise e aproveitar somente os diretos ⁽¹³⁾, conforme se observa na decomposição do coeficiente da ME. Para ME isso indica que, isolando-se os efeitos indiretos de todas as demais variáveis, quanto maior for ME menor seria a FDN.

Com relação ao caractere dependente ELL, foram verificadas diferenças nas relações de causas e efeitos entre os dois anos de experimento. No primeiro ano, os caracteres DF, EP, EIE e PF apresentaram correlação negativa e significativa e efeitos diretos desprezíveis, com exceção de PF. No segundo ano, apenas o DE apresentou correlação significativa e efeito direto semelhante sobre ELL. A energia é a principal característica da silagem de milho para a nutrição de gado leiteiro, sua estimativa é importante para formulação de dietas, avaliação econômica dos ensaios de desempenho híbridos. A seleção de genótipos de milho para silagem deve considerar os caracteres que influenciam a fibra da silagem, como no caso da precocidade (DF), EP, EIE e PF. Quando diminuimos os valores de EP, EIE e PF aumentaram a proporção de amido vindo da espiga e, segundo Ferreira & Mertens ⁽²⁶⁾, a maior digestibilidade da MS da silagem de milho inteiro esta relacionada com amido, além de lignina. Esses autores, também encontraram correlações altas entre lignina e amido ($r = -0,65$).

Com o avanço da maturidade da planta, há um aumento no teor MS, e a planta ganha altura pelo alongamento do colmo e folhas, e nos tecidos das plantas, observa-se a redução do lume das células e um acréscimo da área ocupada pelos tecidos lignificados. Este cenário vai aumentar a FDN e diminuir o teor de ELL da silagem deste milho ⁽²⁷⁾. Souza ⁽²⁸⁾, trabalhando com valor nutritivo de silagens de milho em três diferentes estádios de maturidade, encontrou maiores teores de lignina e teores de FDN na silagem de milho com maior maturidade de planta. Porém, o teor de FDN diminui com a maturidade da planta, fato que pode ser explicado pelo maior teor de amido dos grãos.



A concentração de energia digestível está relacionada à composição inicial da planta e pode ser alterada por manejos diferenciados ⁽²⁹⁾. Um manejo padrão utilizado para aumentar a qualidade nutricional da silagem de milho é elevar a altura de colheita das plantas, aumentando a participação de grãos e diminuindo a concentração de frações fibrosas de menor qualidade como colmo e folhas velhas ⁽³⁰⁾. Entretanto, a seleção de genótipos de milho para silagem com maiores teores de ELL, FDN, PB e produção de MST proporcionará melhores ganhos para o produtor, além de aumentar a disponibilidade de nutrientes por área cultivada, não havendo perdas de material deixado no campo, como no do manejo de altura de colheita do milho para silagem.

Considerações Finais

Maiores produções de silagem em relação a massa seca, são obtidas a partir de genótipos com maiores proporções de colmos, número de espigas e produção de grãos por hectare, massa de espiga, número de fileiras e diâmetro de espiga, dias para o florescimento e número de folhas verdes. Quando na produção de silagem for priorizada as quantidades de proteína bruta e fibra detergente neto devem ser escolhidos genótipos de menor estatura.

Referências

- 1 Revilla P, et. al. Traditional foods from maize (*Zea mays* L.) in Europe. *Frontiers in Nutrition*, 2022;8: 683399. <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.683399>
- 2 Silvestre AM, Millen DD. The 2019 Brazilian survey on nutritional practices provided by feedlot cattle consulting nutritionists. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2021;50:e20200189. <https://doi.org/10.37496/rbz5020200189>
- 3 Jiang M, et. al. Effect of Spring Maize Genotypes on Fermentation and Nutritional Value of Whole Plant Maize Silage in Northern Pakistan. *Fermentation*. 2022;8(11):587. <https://doi.org/10.3390/fermentation8110587>
- 4 Karnatam KS, et. al. Silage maize as a potent candidate for sustainable animal husbandry development—perspectives and strategies for genetic enhancement. *Frontiers in Genetics*. 2023;14: 1150132. <https://doi.org/10.3389/fgene.2023.1150132>
- 5 Perisic M, et. al. GEM project-derived maize lines crossed with temperate elite tester lines make for high-quality, high-yielding and stable silage hybrids. *Agronomy*. 2023;13(1):243. <https://doi.org/10.3390/agronomy13010243>
- 6 Crevelari JÁ, et. al. Correlations between agronomic traits and path analysis for silage production in maize hybrids. *Bragantia*. 2018;77:243-252. <https://doi.org/10.1590/1678->



4499.2016512

7 Olivoto T, et. al. Pearson correlation coefficient and accuracy of path analysis used in maize breeding: a critical review. *International Journal of Current Research*. 2016;8(9):37787-37795.

8 Olivoto T, et. al. Optimal sample size and data arrangement method in estimating correlation matrices with lesser collinearity: A statistical focus in maize breeding. *African Journal of Agricultural Research*, 2017;12(2):93-103.
<https://doi.org/10.5897/AJAR2016.11799>

9 Alvares CA, et. al. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 2013;22(6):711-728. 10.1127/0941-2948/2013/0507

10 Silva DJ, Queiroz, AC. *Análise de alimentos - Métodos químicos e biológicos*. 3. ed. Viçosa: 2009.

11 Mertens DR. Gravimetric Determination of Amylase-Treated Neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beakers or crucibles collaborative study. *Journal of AOAC International*. 2002;85(6):1217-1240.

12 Van Soest PJ, et.al. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of dairy Science*. 1991;74(10):3583-3597. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2)

13 Cruz CD, Regazzi AJ, Carneiro PCS. *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético*. 4. ed. Viçosa: Editora UFV; 2012.

14 Cruz CD. Genes - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. *Acta Scientiarum*. 2013;35(3):271-276.
<http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v35i3.21251>

15 Liu Y, et. al. Effect of hybrid type on fermentation and nutritional parameters of whole plant corn silage. *Animals*. 2021;11(6):1587. <https://doi.org/10.3390/ani11061587>

16 Cetinkaya N, et. al. Nutrient contents and in vitro digestibility of different parts of corn plant. *South African Journal of Animal Science*. 2020;50(2):302-309.

17 Ferreira G, et. al. Intrinsic and Extrinsic Factors Affecting Neutral Detergent Fiber (NDF) Digestibility of Vegetative Tissues in Corn for Silage. *Agriculture*. 2023;13(8):1485.
<https://doi.org/10.3390/agriculture13081485>

18 Çarpıcı EB, Çelik N. Determining possible relationships between yield and yield-related components in forage maize (*Zea mays* L.) using correlation and path analyses. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*. 2010;38:280-285.

19 Silva, TN, et. al. Correlation and path analysis of agronomic and morphological traits in maize. *Revista Ciência Agronômica*. 2016;47:351-357. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20160041>



- 20 Klein, JL, et. al. Desempenho produtivo de híbridos de milho para a produção de silagem da planta inteira. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*. 2018;17(1):101-110, 2018. <https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v17n1p101-110>
- 21 Santos RD, et. al. Características agrônômicas de variedades de milho para produção de silagem. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*. 2010;32(4):367-373, 2010. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v32i4.9299>
- 22 Costa C. Potencial para ensilagem, composição química e qualidade da silagem de milho com diferentes proporções de espigas. *Acta Scientiarum*. 2000;22(8):835-841. <http://dx.doi.org/10.4025/actascianimsci.v22i0.3231>
- 23 Mukhtar T, et. al. Yield and yield components of maize hybrids as influenced by plant spacing. *Journal of Agricultural Research*. 2012;50(1):59-69.
- 24 Selvaraj, CI, Nagarajan, P. Interrelationship and path-coefficient studies for qualitative traits, grain yield and other yield attributes among maize (*Zea mays* L.). *International Journal of Plant Breeding and Genetics*. 2011;5(3):209-223. <http://dx.doi.org/10.3923/ijpb.2011.209.223>
- 25 Abirami S, et. al. Correlation and path analysis for morphological and biochemical traits in maize genotypes. *Plant Archives*. 2007;7(1):109-113.
- 26 Lopes S, et. al. Relações de causa e efeito em espigas de milho relacionadas aos tipos de híbridos. *Ciência Rural*. 2007;37(6):1536-1542. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782007000600005>
- 27 Ferreira G, Mertens DR. Measuring detergent fibre and insoluble protein in corn silage using crucibles or filter bags. *Animal Feed Science and Technology*. 2007;133(3-4):335-340. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2006.04.010>
- 28 Souza WF, et. al. Production and quality of the silage of corn intercropped with Paiaguas palisadegrass in different forage systems and maturity stages. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2019;48:e20180222. <https://doi.org/10.1590/rbz4820180222>
- 29 Marafon F, et. al. Production of corn silage in advanced growth stages and consequence of grain processing-a review. *Applied Research & Agrotechnology*. 2012;5(3):95-106.10.5777/PAeT.V5.N2.13
- 30 Rezende AV, et. al. Agronomic, bromatologic and economical characteristics harvest heights for ensiling of corn. *Semina: Ciências Agrárias (Londrina)*. 2015;36(2):961-969. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2015v36n2p961>



10.31072/rcf.v14i2.1368

Este é um trabalho de acesso aberto e distribuído sob os Termos da *Creative Commons Attribution License*. A licença permite o uso, a distribuição e a reprodução irrestrita, em qualquer meio, desde que creditado as fontes originais.



Open Access