

# MODELOS MULTIVARIADOS E CANÔNICOS APLICADO AO MILHO: BENEFÍCIOS DA ADUBAÇÃO VERDE COM *Vigna* *unguiculata*

Luiz Leonardo Ferreira<sup>1</sup>  
Cleia Simone Ferreira<sup>2</sup>  
Priscila Ferreira Batista<sup>3</sup>  
Ariana Bertola Carnevale<sup>4</sup>

## RESUMO

Visando o aumento da produtividade e à manutenção do equilíbrio do sistema de cultivo do milho, objetivou-se com o trabalho analisar as correlações fenotípicas do feijão caupi como alternativa de adubação verde na cultura do milho. O estudo foi conduzido na zona rural do município de Mineiros, GO, Brasil. O solo foi classificado como Neossolo Quartizarênico. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso em fatorial 6x2, correspondente a 6 híbridos de milho [Syn7613, 20A78, DKB310, CD3770, P3250 e P3646] em dois métodos de adubação [(Sistema Adubação Verde – SAV: palhada de feijão Caupi - *Vigna unguiculata*) e (Sistema Adubação Convencional – SAC: formulado 8-25-15)], em 4 repetições. Foi utilizado na fundação do SAC 480 kg ha<sup>-1</sup> da formula 8-25-15; ao passo que para o SAV foi utilizado 231 kg ha<sup>-1</sup> de MAP e 124 kg ha<sup>-1</sup> de KCL compensando os elementos P e K do SAC. Os tratos culturais pertinentes ao controle de pragas, foram realizados utilizando as boas práticas do manejo integrado de pragas. Os dados obtidos foram submetidos as pressuposições do modelo estatístico, verificando-se a normalidade e homogeneidade das variâncias residuais, bem como, a aditividade do modelo. Foram utilizados modelos uni e multivariados. As análises foram realizadas na interface Rbio e R, além do Software Genes. Identificou-se na análise das correlações fenotípicas que o híbrido de milho CD3770 foi eficiente quando utilizado feijão caupi como alternativa de adubação verde.

**Palavras-chave:** *Zea mays*, cobertura do solo, adubação verde.

## INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays*) é um dos principais cereais cultivados no mundo, e tem sua importância caracterizada pela diversidade de formas de sua utilização, que vai desde a alimentação animal, humana até indústrias de alta tecnologia. Estima-se que há mais de 3.000 derivados do milho tanto para consumo humano como industrial, representando em torno de 21% da nutrição humana no planeta (SEAB/DERAL, 2018).

<sup>1</sup> Docente Titular do Centro Universitário de Mineiros - UNIFIMES, [leoagrozo@hotmai.com](mailto:leoagrozo@hotmai.com);

<sup>2</sup> Docente Adjunta do Centro Universitário de Mineiros - UNIFIMES, [cleiasimone@unifimes.edu.br](mailto:cleiasimone@unifimes.edu.br);

<sup>3</sup> Pós-doutoranda do Curso de Ciências Agrárias do Instituto Federal Goiano - IFGOIANO, bolsista do programa de pós-doutorado junior CNPq – Brasil (154958/2018-2), [priscilaferreira.bio@gmail.com](mailto:priscilaferreira.bio@gmail.com);

<sup>4</sup> Doutoranda do Curso de Ciências Agrárias do Instituto Federal Goiano - IFGOIANO, [ariana@unifimes.edu.br](mailto:ariana@unifimes.edu.br);

A cultura do milho no Brasil ocupa 27% da área agricultada do país com uma produção de 81.4 milhões de toneladas representando 38% da produção total de grãos 21 produzidos no país e, com uma média de produtividade de 4.9 t ha<sup>-1</sup> entre safra e safrinha no ano agrícola 2017/18 (CONAB, 2018).

Entre as culturas de grãos produzidas no Brasil, a cultura do milho se destaca pela sua importância, tanto econômica como social. Além disso, é essencial para viabilizar o sistema de plantio direto em função da sua capacidade de adição de resíduos ao sistema, que proporciona aumento dos teores de matéria orgânica na camada superficial do solo, melhorando a estabilidade dos agregados e consequentemente conferindo maior resistência do solo a erosão (CASSOL, 2019).

No Brasil, o primeiro registro oficial sobre adubos verdes datam do ano de 1919 com conceito que deixava explícito uma “visão química”, cujo requisito era a incorporação da massa vegetal ao solo, com objetivo de melhorar sua fertilidade, passando na década 90 a ter uma visão mais “integral e holística” onde foram atendidos os aspectos de solo (proteção e recuperação física, química e biológica), dos animais (forragens), do homem (alimentação, 19 fibras, produção sementes etc.) e do ambiente (diminuição dos impactos ambientais da agricultura e o sequestro do carbono - C). A definição também incorpora a possibilidade de utilização de outras famílias botânicas incorporadas ou não ao solo (WUTKE et al., 2014).

As plantas de cobertura do solo nos sistemas de produção de grãos ainda são limitadas a poucas propriedades, tornando-se um indicativo da falta de entendimento em relação às vantagens que essa técnica pode proporcionar ao sistema produtivo pela melhoria da qualidade do solo (CASSOL, 2019).

A utilização de plantas de coberturas possibilita diversos benefícios para os sistemas de cultivo, tais como proteção do solo contra erosão, aporte de nitrogênio N (no caso das leguminosas), diminuição das plantas espontâneas através do efeito supressor e/ou alelopático, evitando a incidência direta de radiação solar, proporcionando a manutenção da umidade e evitando oscilações de temperatura. O sistema radicular “agressivo” descompacta e estrutura o solo (agregação e aeração) aumentando a infiltração de água (AMBROSANO et al., 2014).

Leguminosas formam associações simbióticas com bactérias fixadoras de N, realizando fixação biológica de nitrogênio, e apresentam baixa relação C/N, o que pode favorecer a rápida decomposição e mineralização, com significativo aporte de N ao sistema solo (PARTELLI et al., 2011), o que pode proporcionar reduções nas doses de N em cobertura no milho (KAPPES et al., 2015). Já as gramíneas, podem amenizar as perdas de N,

promovendo sua reciclagem e cobertura mais prolongada do solo devido à sua alta relação C/N (PERIN et al., 2004).

Modificar monocultivo para sistemas em bases agroecológicas é um processo dinâmico e peculiar a cada propriedade, requerendo a substituição de insumos sintéticos por insumos naturais, como a substituição de fertilizantes sintéticos pela adubação verde, aliada a um conjunto de práticas para redesenhar a paisagem (PADOVAN, 2006; PADOVAN e CAMPOLIN, 2011).

Visando o aumento da produtividade e à manutenção do equilíbrio do sistema de cultivo do milho, o uso de plantas de cobertura revela-se como uma alternativa para a região (MAIA et al., 2013). A inserção de plantas de cobertura atua na promoção da ciclagem de nutrientes no agroecossistema (BOER et al., 2007), tornando-os mais disponíveis para as culturas cultivadas (ZIECH et al., 2015). Deste modo, objetivou-se com o trabalho analisar a eficiência de modelos multivariados e canônicos aplicado na cultura do milho em sistema de produção com adubação verde.

## **METODOLOGIA**

O estudo foi conduzido na Fazenda Experimental Luiz Eduardo de Oliveira Sales, no município de Mineiros - GO, situado entre as coordenadas geográficas de 17°34'10'' latitude Sul e 52°33'04'' longitude Oeste, com altitude média de 760 m. A temperatura média é de 22,7 °C, a precipitação média anual é de 1695 mm ocorrendo principalmente na primavera e no verão. O clima predominante é quente, semiúmido e notadamente sazonal, com verão chuvoso e inverno seco, sendo classificado como "Aw" (KÖPPEN e GEIGER, 1936). O solo da área experimental foi classificado NEOSSOLO Quartzarenico, com textura leve, topografia suavemente ondulada a plana e boa drenagem (EMBRAPA, 2013).

Antes da instalação do experimento foi realizado coleta e análise de solo na camada superficial de 0-20 cm verificando-se as seguintes características: potencial de hidrogênio 4.1; fósforo 3 em mg dm<sup>-3</sup>; potássio 0.6, cálcio 5, magnésio 3, alumínio 4, acidez potencial 29, soma de bases 8.6, capacidade de troca catiônica 37.6 e saturação de base 22.94 em mmolc dm<sup>-3</sup>; argila 80, silte 30 e areia 890 em g dm<sup>-3</sup>. As análises foram realizadas no Laboratório de Química e Fertilidade do Solo da UNIFIMES, segundo metodologia de (EMBRAPA, 2009).

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso em fatorial 6x2, totalizando 12 tratamentos, correspondente a 6 híbridos de milho [Syn7613, 20A78, DKB310, CD3770, P3250 e P3646] em dois métodos de adubação [(Sistema Adubação Verde – SAV:

palhada de feijão Caupi - *Vigna unguiculata*) e (Sistema Adubação Convencional – SAC: formulado 8-25-15)], em 4 repetições. Cada parcela foi composta de 4 linhas de 4 metro de comprimento distanciadas a cada 0.5 m e densidade de 3 sementes por metro linear, relacionando uma população de 60.000 plantas ha<sup>-1</sup> (FERREIRA et al., 2019b). As principais características morfoagronômicas dos híbridos de milho avaliados estão demonstradas na Tabela 1.

Tabela 1. Principais características morfoagronômicas dos híbridos de milho avaliados. Mineiros-GO, UNIFIMES, Brasil, 2019

| Híbrido       |         | Ciclo <sup>1</sup> | Grãos            |                  |                      |
|---------------|---------|--------------------|------------------|------------------|----------------------|
| Comercial     | Vulgar  |                    | PMG <sup>2</sup> | Cor <sup>3</sup> | Textura <sup>4</sup> |
| Syn7613       | Syn7613 | P                  | 300-400          | AM-AL            | SMDURO               |
| 20A78 PW      | 20A78   | P                  | 300-400          | AM-AL            | SMDURO               |
| DKB 310 PRO 3 | DKB310  | SMP                | 404              | AM-AL            | SMDURO               |
| CD 3770 PW    | CD3770  | P                  | 300-400          | AM-AL            | SMDURO               |
| CD 3770 PW    | P3250   | P                  | 300-400          | AM-AL            | SMDURO               |
| P3646YHR      | P3646   | P                  | 300-400          | AM-AL            | SMDURO               |

<sup>1</sup>Ciclo: SP-superprecoce; P-precoce; SMP-semiprecoce. <sup>2</sup>PMG: peso de mil grãos (g). <sup>3</sup>Cor do grão: AL-alaranjado; AM-amarelo; LR-laranja. <sup>4</sup>Textura do grão: SMDENT-semidentado; SMDURO-semiduro.

Toda a área experimental foi preparada inicialmente no sistema convencional com o uso de aração e gradagem. O SAC foi mantido livre de plantas daninhas até o semeio dos híbridos de milho. No SAV a cultivar BRS Paraguaçu de feijão Caupi foi semeada com distância de 0.5 m entre linhas e densidade de 8 sementes por metro linear, relacionando uma população de 160.000 plantas ha<sup>-1</sup>. A palhada de feijão Caupi do SAV foi manejada de acordo com os princípios da compostagem laminar (PRIMAVESI, 2002).

O semeio dos híbridos de milho ocorreu em 17/02/2017 de acordo com Ferreira et al. (2019). Foi utilizado na fundação do SAC 480 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 8-25-15; ao passo que para o SAV foi utilizado 231 kg ha<sup>-1</sup> de MAP e 124 kg ha<sup>-1</sup> de KCL compensando os elementos P e K do SAC, respectivamente.

Os tratamentos culturais pertinentes ao controle de plantas daninhas e pragas, foram realizados sempre que necessário, utilizando as boas práticas do manejo integrado de pragas (VALICENTE, 2015). Para estas foi utilizado pulverizador costal de pressão constante de 2.0 bar (CO<sub>2</sub>), do tipo cone, aplicando um volume de calda de 335 L ha<sup>-1</sup>, nas horas amenas do dia, com temperatura média ambiente de 25°C, umidade relativa do ar acima de 60% e ventos inferiores a 5 km h<sup>-1</sup>.



Ao termino do experimento foram mensuradas: altura de planta ALP em cm; altura de inserção da espiga ALE em cm; diâmetro de colmo DC em mm; índice de área foliar IAF em cm<sup>2</sup>; número de fileira por espiga NFE em unid; número de grãos por fileira NGF em unid; número de grãos por espiga NGE em unid; e rendimento REN com umidade de 13% nos grãos em t ha<sup>-1</sup>. Os dados obtidos foram submetidos as pressuposições do modelo estatístico, verificando-se a normalidade e homogeneidade das variâncias residuais, bem como, a aditividade do modelo.

Após, realizou-se a análise de variância com a finalidade de identificar a interação entre os híbridos de milho x adubação, ao verificar interação significativa estas foram desmembradas aos efeitos simples e na ausência com efeitos principais através do teste de agrupamento de médias de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. Posteriormente as variáveis de cada método de adubação foram submetidas as correlações de Pearson com intuito de compreender a tendência de associação, sendo sua significância baseada a 5% de probabilidade pelo test t. As correlações canônicas foram estimadas entre grupo 1 (NGE e REN) e grupo 2 (ALP, ALE, DIC e IAF), com significância entre os grupos de caracteres avaliada com base na estatística qui-quadrado. Após procedeu-se a dissimilaridade genética pelo algoritmo de Mahalanobis onde ponderou-se a matriz dos resíduos, construindo-se o dendrograma das distâncias através do agrupamento UPGMA, posteriormente empregou-se o método das variáveis canônicas biplot onde possibilitou visualizar a variabilidade geral do experimento e as tendências multivariadas. As análises foram realizadas na interface Rbio do R (BHERING, 2017), além do Software Genes (CRUZ, 2016).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A interação entre os fatores H x A foi significativa para altura de inserção da espiga – ALE, índice de área foliar – IAF, rendimento – REN ( $p < 0,01$ ), número de fileira por espiga – NFE, número de grãos por fileira – NGF e número de grãos por espiga – NGE ( $p < 0,05$ ) (Tabela 2). Corroborando com Costa et al (2015), Kopper et al. (2017), Oliveira et al. (2005), Ferreira et al. (2011) e Partelli et al. (2011); entretanto Camara et al. (2016) não encontrou diferença estatística entre híbridos de milho em trabalho semelhante a este.

Tabela 2. Resumo das análises de variância (QM e CV (%)) para altura de planta – ALP, altura de inserção da espiga – ALE, diâmetro de colmo – DIC, índice de área foliar – IAF, número de fileira por espiga – NFE, número de grãos por fileira – NGF, número de grãos por espiga – NGE e rendimento – REN. Mineiros-GO, UNIFIMES, Brasil, 2019

| FV            | GL | ALP                   | ALE                  | DIC                | IAF                       | NFE                 | NGF                 | NGE                    | REN                   |
|---------------|----|-----------------------|----------------------|--------------------|---------------------------|---------------------|---------------------|------------------------|-----------------------|
| H x A         | 5  | 302.80 <sup>ns</sup>  | 366.76 <sup>**</sup> | 0.06 <sup>ns</sup> | 13652583.78 <sup>**</sup> | 3.49 <sup>ns</sup>  | 9.16 <sup>ns</sup>  | 8058.61 <sup>*</sup>   | 1274.55 <sup>**</sup> |
| Híbridos (H)  | 5  | 1922.37 <sup>**</sup> | 647.04 <sup>**</sup> | 0.04 <sup>ns</sup> | 9031809.07 <sup>**</sup>  | 0.82 <sup>ns</sup>  | 35.78 <sup>**</sup> | 9341.52 <sup>*</sup>   | 2017.69 <sup>**</sup> |
| Adubações (A) | 1  | 211.68 <sup>ns</sup>  | 590.10 <sup>**</sup> | 0.32 <sup>*</sup>  | 1951870.97 <sup>**</sup>  | 12.25 <sup>**</sup> | 7.09 <sup>ns</sup>  | 26843.35 <sup>**</sup> | 2677.29 <sup>**</sup> |
| Blocos        | 3  | 451.72                | 162.33               | 0.04               | 46951.28                  | 0.63                | 2.22                | 1658.20                | 77.00                 |
| Resíduo       | 33 | 391.35                | 66.19                | 0.04               | 14038.49                  | 1.44                | 3.77                | 2915.54                | 57.28                 |
| CV (%)        |    | 10.24                 | 18.57                | 17.34              | 14.62                     | 12.51               | 15.73               | 14,93                  | 13.34                 |

\*\*significativo a 1% de probabilidade pelo teste de F; \*significativo a 5% de probabilidade pelo teste de F; <sup>ns</sup> não significativo a 5% de probabilidade pelo teste de F.

FV: fonte de variação; GL: grau de liberdade.

Os híbridos 20A78 e P3250 apresentaram ALE de menor porte (Figura 1A) no SAC. Dentre os híbridos o DKB310 apresentou o maior IAF no SAC, o mesmo ocorrendo com o híbrido CD3770 no SAV (Figura 1B). O NGE foi mais elevado nos híbridos 20A75 e P3646 quando cultivados no SAV (Figura 1C). Esses aumentos no SAV são atribuídos Oliveira et al. (2005) a manutenção da cobertura do solo, ao amortecimento do impacto das gotas da chuva, redução da formação de crostas, diminuição do escoamento superficial, permitindo maior infiltração da água no solo e manutenção da umidade. De acordo com Possamai et al. (2001) plantas com ALE e ALT elevadas apresentaram vantagens na colheita, com redução nas perdas na colheita mecanizada, dentre outros fatores. Plantas com maior IAF podem ser mais eficientes na captação dos recursos ambientais, Segundo Taiz et al. (2017) fatores como luz, água, dióxido de carbono, oxigênio, conteúdo e disponibilidade de nutrientes no solo, temperatura e toxinas podem afetar o crescimento e desenvolvimento do vegetal.

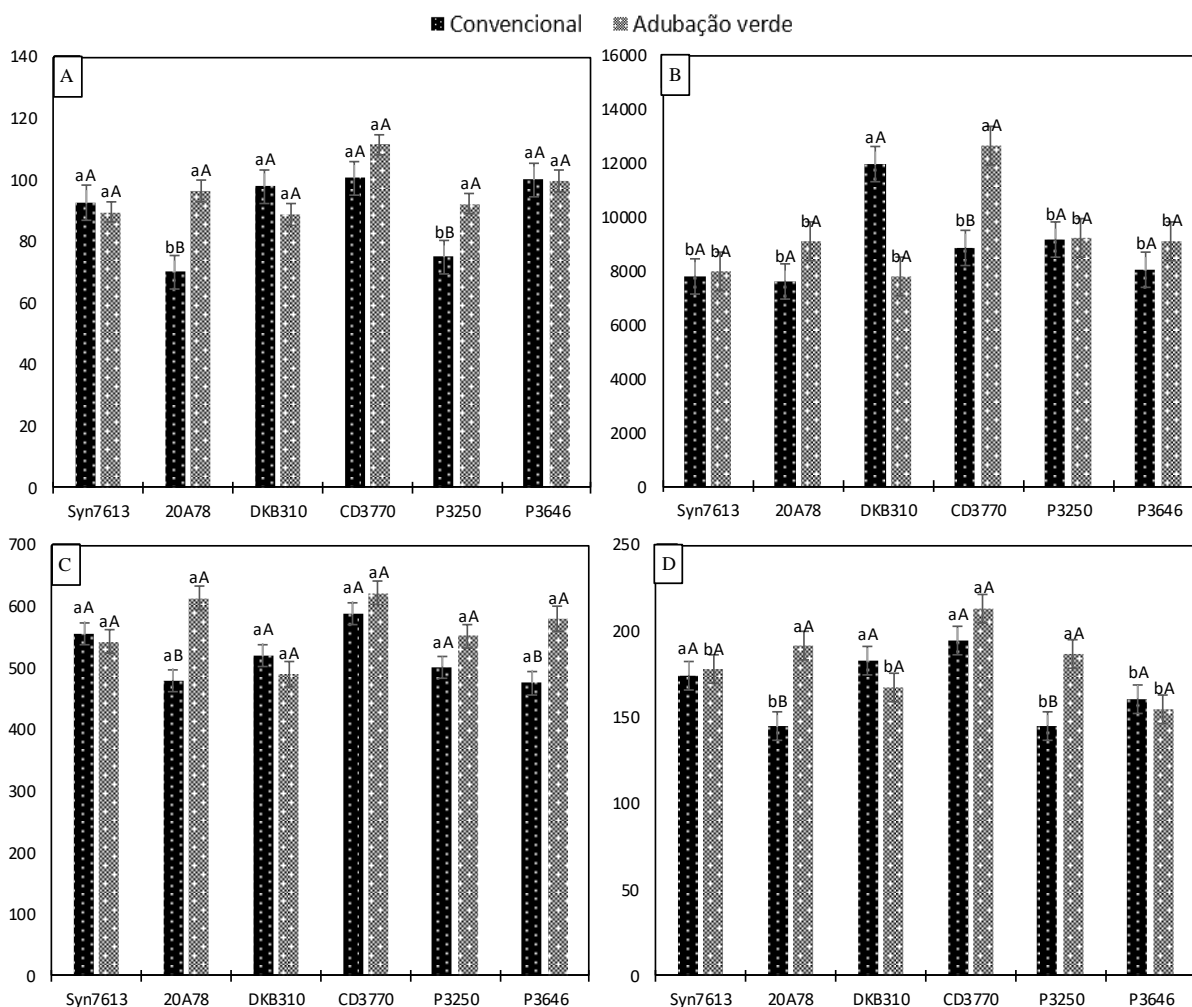


Figura 1. Desmembramento da interação C x A para altura de inserção da espiga ALE em cm (A), índice de área foliar IAF em cm<sup>2</sup> (B), número de grãos por espiga NGE em unidades (C) e rendimento REN em sc ha<sup>-1</sup> (D) de híbridos de milho com adubação convencional SAC (■) e verde SAV (▨). Mineiros, GO, UNIFIMES, Brasil, 2019.

Médias seguidas pela mesma letra minúscula dentro dos híbridos e maiúscula dentro do híbrido e entre os métodos de adubação, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

O híbrido de maior destaque para o REN foi o CD3770 para ambos os sistemas de adubação; tais sistemas diferiram apenas para os híbridos 20A75 e P3250 com as maiores médias encontradas no SAV (Figura 1D). Efeitos positivos no REN da cultura do milho em sucessão a espécies da família fabáceae também foram observados em outros estudos, como em Giacomini et al. (2004), verificaram em três safras consecutivas REN superior em 40% e Padovan (2016) com maior produção de massa de espigas e REN de grãos em sistemas de base agroecológico. No entanto, Corsini (2018) observou que as coberturas vegetais proporcionaram biomassa adequada para a manutenção de palha o cultivo mínimo de preparo do solo, mas não interferiram no REN. Ferreira et al. (2019a) com N protegido de baixo impacto ambiental encontraram pontos de otimização para este elemento, além de configurações distintas dentre os híbridos de milho.

Para a variável ALP os híbridos 20A78 e P3250 apresentaram menor porte no SAC (Figura 2A). O NGF foi mais representativo no híbrido CD3770 para ambos os sistemas de adubação (Figura 2B). O diâmetro de colmo – DIC diminuiu nos híbridos 20A78 e CD3770 quando cultivados no SAC (Figura 2C). O híbrido 20A75 foi influenciado pelo sistema de adubação, com o SAV proporcionando maior NFE para este (Figura 2D). De acordo com Valderrama et al. (2011), o NFE é uma característica genética de cada genótipo, portanto, não apresentando variações. Lopes et al. (2017) descreveu que quesito como o tamanho de grãos e outras características da espiga são estabelecidos por genes localizados em muitos cromossomos consequentemente está sujeito a escolha do híbrido.

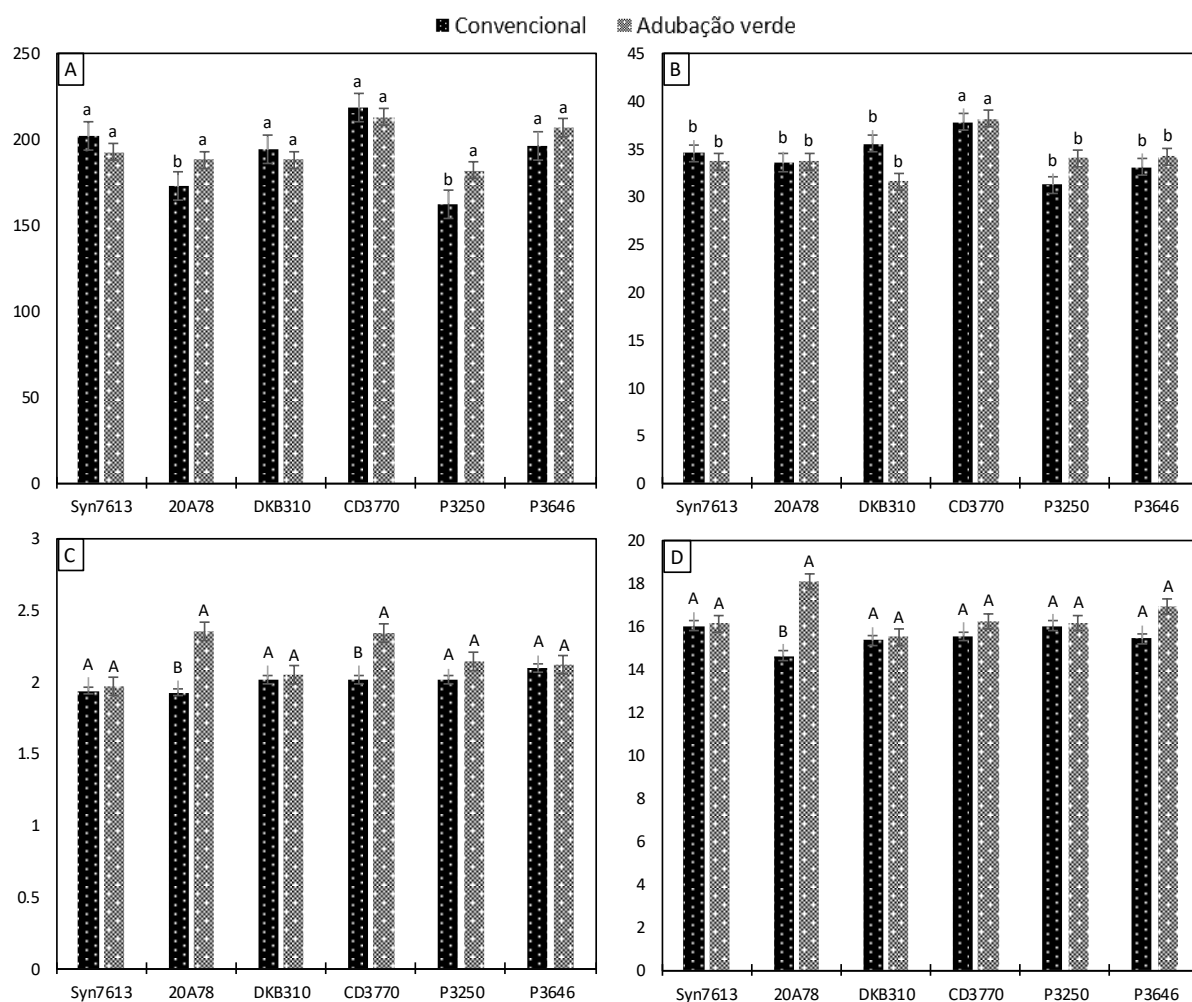


Figura 2. Médias para os efeitos principais de altura de planta – ALP em cm (A), número de grãos por fileira NGF em unid (B), diâmetro de colmo – DIC em mm (C) e número de fileiras por espiga NFE em unid (D) de híbridos de milho com adubação convencional SAC (■) e verde SAC (▨). Mineiros, GO, UNIFIMES, Brasil, 2019.

Médias seguidas pela mesma letra minúscula dentre os híbridos e maiúscula dentro do híbrido e entre os métodos de adubação, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.



A rede de correlação com o coeficiente de correlação de Pearson revelou 10 correlações positivas e significativas, sendo 2 no SAC e 8 no SAV. Os pares NGExNGF e NGExALP no SAC e no SAV reportadas nos pares ALE $\times$ ALP, IAF $\times$ ALE, NGF $\times$ ALE, REN $\times$ ALE, NGF $\times$ IAF, REN $\times$ IAF, REN $\times$ NGF e REN $\times$ NGE (Figura 3). A contribuição relativa de cada caráter para a divergência genética é de grande importância para se identificar os caracteres de maior contribuição e, também, para auxiliar no descarte daqueles que contribuem pouco para a discriminação dos genótipos, reduzindo-se, dessa forma, mão de obra, tempo e custo despendidos na experimentação (CORREA e GONÇALVES, 2012).

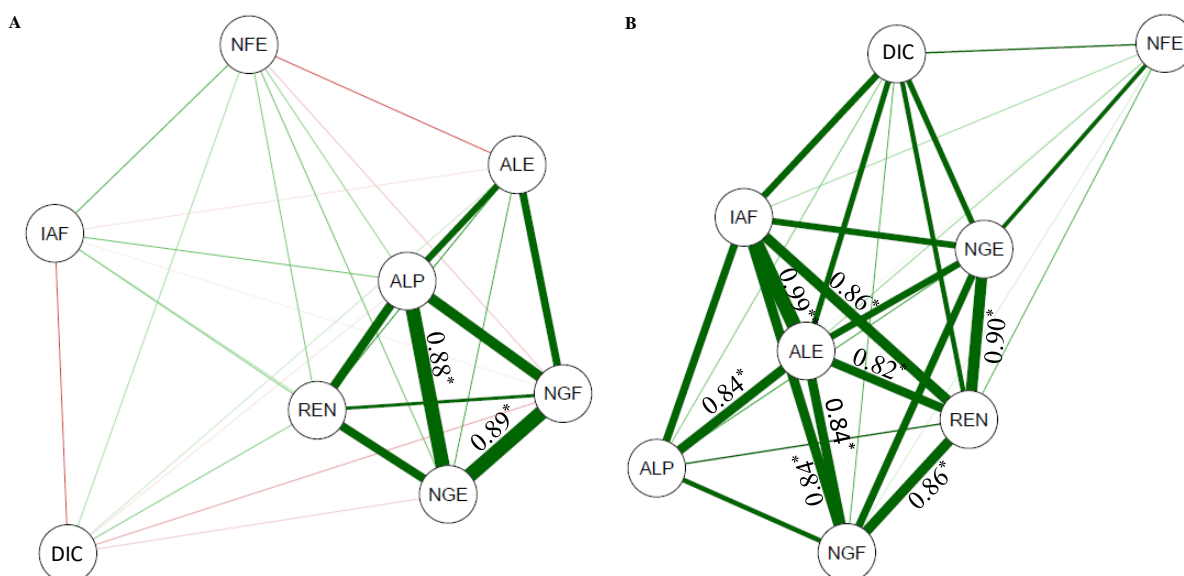


Figura 3. Rede de correlações lineares para os caracteres de híbridos de milho com adubação convencional SAC (A) e verde SAV (B). Mineiros, GO, UNIFIMES, Brasil, 2019.

Variáveis: altura de planta – ALP; altura de inserção da espiga – ALE; diâmetro de colmo – DIC; índice de área foliar – IAF; número de fileira por espiga – NFE; número de grãos por fileira – NGF; número de grãos por espiga – NGE; e rendimento – REN. Significância: \*5% de probabilidade; \*\*1 de probabilidade; ns: não significativo.

Na Tabela 3, as correlações canônicas entre variáveis dos híbridos de milho apresentaram significância ( $p \geq 0,01$ ) pelo teste do qui-quadrado e alta correlação nos dois pares canônicos do SAC ( $r=0.9998$  e  $r=0.8399$ ), assim como, no sistema de SAV ( $r=1.0036$  e  $r=0.8086$ ). As correlações demonstraram que no SAC para o primeiro par canônico o NGE correspondeu positivamente a ALP e ALE, e negativamente ao DIC e AIF, e no segundo par canônico o REN correspondeu positivamente a ALP, ALE, DIC e IAF (Tabela 3).

Para Kopper et al. (2017), o REN foi afetado diretamente apenas pela AIE, mostrando que plantas com espigas inseridas em maior altura tendem a produzir mais. Correlações em híbridos de milho também foram reportadas por Carvalho et al. (2016) ao estimar coeficientes de correlação e desdobramentos dos efeitos diretos e indiretos por técnicas multivariadas em diferentes tratamentos de sementes. Carvalho et al. (2015) e Zanatto et al. (2016) também

observaram correlações entre os componentes morfológicos e de rendimento na cultura do sorgo.

Biologicamente podemos aferir que plantas com elevada ALP e ALE com redução do DIC e IAF possibilitam o maior NGE, e que, REN elevados são obtidos com o aumento das variáveis ALP, ALE, DIC e IAF nos híbridos de milho no SAC. Para o SAV os híbridos de milho vão elevar o NGE e REN com a elevação dos componentes ALP, ALE, DIC e IAF (Tabela 3).

Tabela 3. Cargas canônicas dos caracteres de produtividade (grupo 1) e morfológico (grupo 2) nas correlações canônicas (r) entre os grupos de híbridos de milho com adubação convencional SAC e verde SAV. Mineiros, GO, UNIFIMES, Brasil, 2019

| Caráter <sup>1</sup> | Par canônico |         | Caráter <sup>1</sup> | Par canônico |         |         |         |
|----------------------|--------------|---------|----------------------|--------------|---------|---------|---------|
|                      | 1°           | 2°      |                      | 1°           | 2°      |         |         |
| Grupo 1              | Convencional |         | Grupo 1              | Verde        |         |         |         |
| NGE                  | 0.77352      | 0.63377 | NGE                  | -0.2144      | 0.97675 |         |         |
| REN                  | 0.20301      | 0.97918 | REN                  | -0.626       | 0.77983 |         |         |
| Grupo 2              | ALP          | 0.60202 | 0.78281              | Grupo 2      | ALP     | -0.4528 | 0.53173 |
| ALE                  | 0.22189      | 0.79966 | ALE                  | -0.4793      | 0.82953 |         |         |
| DIC                  | -0.4479      | 0.4088  | DIC                  | -0.298       | 0.88358 |         |         |
| IAF                  | -0.0006      | 0.34197 | IAF                  | -0.5828      | 0.78698 |         |         |
| r                    | 0.9998       | 0.8399  | r                    | 1.0036       | 0.8086  |         |         |
| p                    | <0.0100      | <0.0027 | p                    | <0.0100      | <0.0122 |         |         |

<sup>1</sup>Grupo 1: número de grãos por espiga – NGE e rendimento – REN; Grupo 2: altura de planta – ALP, altura de inserção da espiga – ALE, diâmetro de colmo – DIC, índice de área foliar – IAF.

Ambos os sistemas de adubação dispuseram a formação de dois clusters, com cluster isolado representado pelo híbrido Syn7613 no SAC e CD3770 no SAV (Figura 4). Silva et al. (2016) estimando a divergência genética entre progênies de meios-irmãos através de métodos hierárquicos observou a formação de 11 clusters, assim como, Alves et al. (2015), que contabilizou a formação de 4 clusters. Nardino et al. (2017) testando a dissimilaridade genética entre 25 híbridos de milho, em cinco ambientes de cultivo no Sul do Brasil, observou a formação de 9 clusters distintos. Os resultados da análise de agrupamento utilizando os métodos UPGMA podem servir como base para futuros trabalhos envolvendo o estudo da diversidade genética para cultura do milho (SILVA et al., 2016).

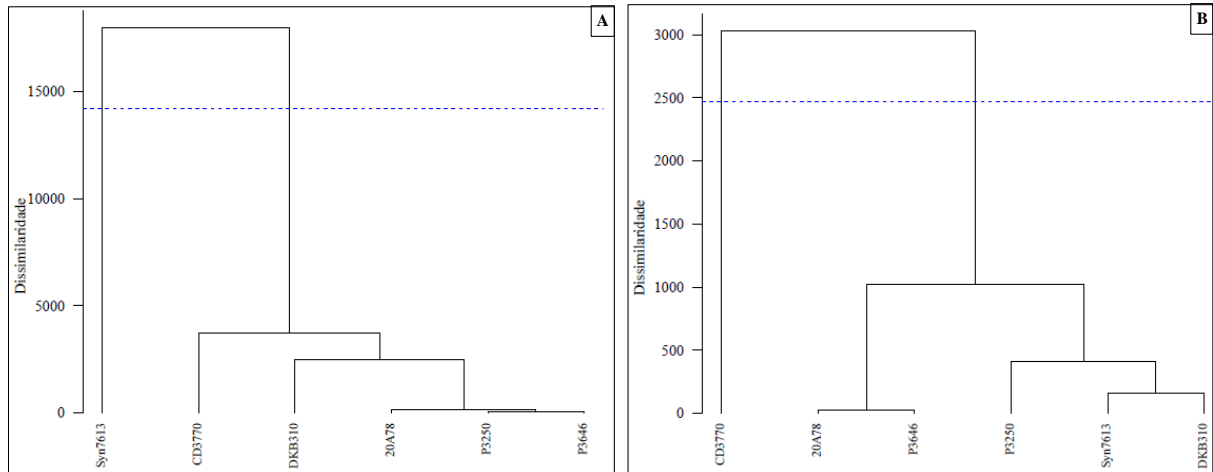


Figura 4. Dendrograma representativo da dissimilaridade entre híbridos de milho, obtido pelo método de agrupamento UPGMA, utilizando a distância generalizada de Mahalanobis, de híbridos de milho com adubação convencional SAC (A) e verde SAV (B). Mineiros, GO, UNIFIMES, Brasil, 2019.

Variáveis: número de fileira por espiga – NFE, número de grãos por fileira – NGF, número de grãos por espiga – NGE e rendimento – REN.

A análise de variáveis canônicas para o SAC explica no primeiro eixo 56,79% e no segundo 22,40% contabilizando a explicação de 79,20 da variação total dos dados. Destaque para o híbrido DKB310 na variável REN (Figura 5A). Trabalhos na literatura reportam os índices de explicação canônico para milho como Varella et al. (2019) que obtiveram explicação de 85% da variância total na soma dos dois eixos canônicos, assim como, Prazeres e Coelho (2016) com soma de 83%. Para o SAV o híbrido CD3770 obteve influência nas variáveis IAF, NGF, ALP, ALE, NGE e REN (Figura 5B). Ferreira et al. (2011) e Partelli et al. (2011) concluíram que a adubação verde é uma boa alternativa para complementar o suprimento de N. Varella et al. (2019) colocam que por meio das variáveis canônicas estimar a predição de nitrogênio para a cultura do milho.

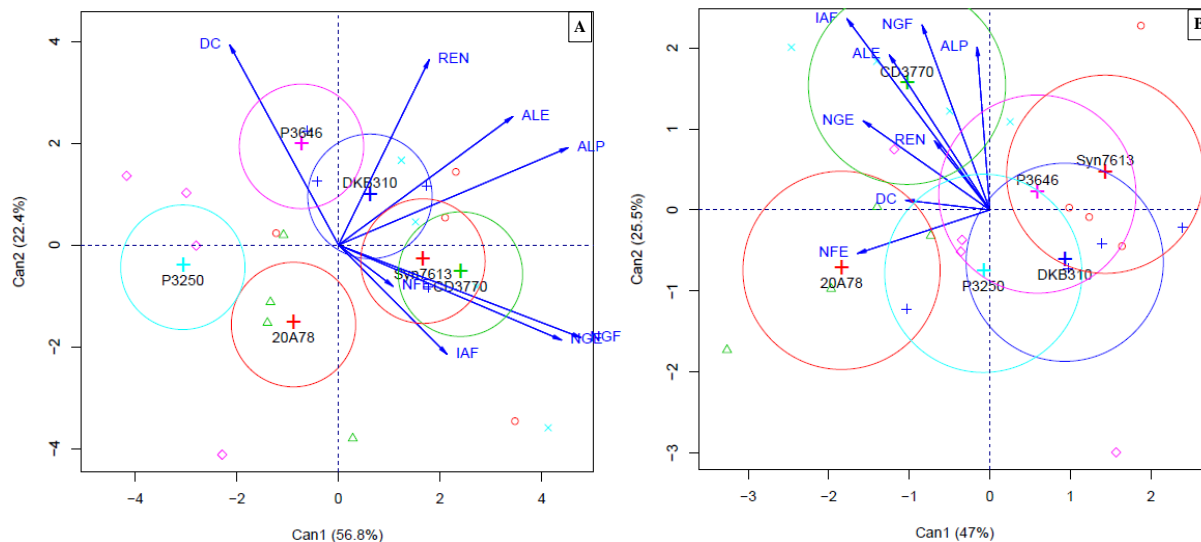


Figura 5. Análise de variáveis canônicas de híbridos de milho com adubação convencional SAC (A) e verde SAV (B). Mineiros, GO, UNIFIMES, Brasil, 2019.

Variáveis: altura de planta – ALP, altura de inserção da espiga – ALE, diâmetro de colmo – DC, índice de área foliar – IAF, número de fileira por espiga – NFE, número de grãos por fileira – NGF, número de grãos por espiga – NGE e rendimento – REN.

O teste de agrupamento de Scott-Knott foi aplicado inicialmente para as interações significativas e posteriormente para os efeitos principais, relatando o comportamento dos híbridos de milho dentro de cada sistema de produção. A correlação linear de Pearson demonstrou que as variáveis possuem ligações diretas, sejam positivas ou de fator negativo, e que através das variáveis canônicas pode-se observar que essas variáveis são mais expressivas em distintos híbridos. Biologicamente foi possível observar que o número de grãos por espiga e o rendimento foram influenciados pelos componentes morfológicos da planta através das correlações canônicas. O teste de dissimilaridade distinguiu os híbridos dentro de cada sistema em grupos.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Identificou-se na análise das correlações fenotípicas que o híbrido de milho CD3770 foi eficiente quando utilizado feijão caupi como alternativa de adubação verde.

Dentre as variáveis analisadas o híbrido mais influenciado pelo manejo de adubação convencional e verde foi o 20A75, sendo este mais representativo quando cultivado no sistema de adubação verde.

No sistema convencional o rendimento e número de grãos por espiga dos híbridos de milho foram determinados principalmente pela altura de planta e de inserção da espiga, ao



passo que, no sistema de adubação verde as variáveis de altura de inserção da espiga e diâmetro de colmo tiveram maior expressividade, neta ordem.

As ferramentas multivariadas são eficientes na escolha do híbrido e do sistema de adubação recomendado.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, B. M.; CARGNELUTTI FILHO, A.; TOEBE, C. B. M.; SILVA, L. P. Divergência genética de milho transgênico em relação à produtividade de grãos e da qualidade nutricional. **Ciência Rural**, Santa Maria v.45, n.5, p.884-891, 2015.
- AMBROSANO, EDMILSON J.; ROSSI, FABRÍCIO; CARLOS, JOÃO A. D (Ed). **Adubação Verde e Plantas de Cobertura no Brasil. Fundamentos e Prática**. Brasília, DF: Embrapa, v.1, 507 p, 2014.
- BHERING, L.L. **Rbio: A Tool For Biometric And Statistical Analysis Using The R Platform**. 2017.
- BOER, C.A.; ASSIS, R.A.; SILVA, G.P.; BRAZ, A.J.B.P.; BARROSO, A.L.L.; CARGNELUTTI FILHO, A.; PIRES, F. R. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 9, p. 1269- 1276, 2007.
- CAMARA, F.T.; GONDIM, H.T.; MOTA, A.M.D.; MÁXIMO, M.; DA SILVA, J.M.F. **Produtividade de milho verde em função do manejo da adubação na região do Cariri cearense**, p.1, 2016.
- CARVALHO, I.R.; NARDINO, M.; FOLLMANN, D.N.; PELEGRIN, A.J.; KAVALCO, S.A.F.; SOUZA, V.Q. Análise de trilha e multivariada em milho submetido a diferentes tratamentos de sementes. **Tecnol. & Ciên. Agropec.**, João Pessoa, v.10, n.1, p.74-81, 2016.
- CARVALHO, I.R.; SOUZA, V.Q.; NARDINO, M.; FOLLMANN, D.N.; SCHMIDT, D.; BARETTA, D. Correlações canônicas entre caracteres morfológicos e componentes de produção em trigo de duplo propósito. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.50, n.8, p.690-697, 2015.
- CASSOL, C. **Plantas de cobertura e adubação nitrogenada como fonte de nitrogênio à cultura do milho em plantio direto**. 2019. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
- CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Séries históricas, Brasília: **Conab** 2018. Disponível em: [http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&Pagina\\_objcmsconteudos=3#A\\_objcmsconteudos](http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&Pagina_objcmsconteudos=3#A_objcmsconteudos). (Acessado em 23 maio. 19), 2018.
- CORREA, A.M.; GONÇALVES, M.C. Divergência genética em genótipos de feijão comum cultivados em Mato Grosso do Sul. **Rev. Ceres**, 59( 2 ): 206-212, 2012.
- CORSINI, Daiene Camila Dias Chaves. **Coberturas vegetais e modos de inoculação com Azospirillum brasilense em milho sobre três sistemas de preparo de solo**. p.139, 2018.
- COSTA, M. S. S. D. M., STEINER, F., DE MENDONÇA COSTA, L. A., CASTOLDI, G., & PIVETTA, L. A. Nutrição e produtividade da cultura do milho em sistemas de culturas e fontes de adubação. **Ceres**, v. 58, n. 2, 2015.
- CRUZ, C.D. Genes Software – extended and integrated with the R, Matlab and Selegen. **Acta Scientiarum**. v.38, n.4, p.547-552, 2016.
- DEMÉTRIO, C. S., FORNASIERI FILHO, D., CAZETTA, J. O., & CAZETTA, D. A. Desempenho de híbridos de milho submetidos a diferentes espaçamentos e densidades

populacionais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v. 43, n. 12, p.1691-1697, dez. 2008.

DUETE, R. R. C.; MURAOKA, T.; SILVA, E. C.; AMBROSANO, E. J.; TRIVELIN, P. C. O. **Acúmulo de nitrogênio (15N) pelos grãos de milho em função da fonte nitrogenada em latossolo vermelho**. *Bragantia*, v.68, n.2, p.463-472, 2009.

EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2.ed. Brasília, Informação Tecnológica, p.628, 2009.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3 ed. rev. ampl. – Brasília, DF: Embrapa, p.353, 2013.

FERREIRA, E. D. B., STONE, L. F., PARTELLI, F. L., & DIDONET, A. D. Produtividade do feijoeiro comum influenciada por plantas de cobertura e sistemas de manejo do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 7, p. 695-701, 2011.

FERREIRA, L. L.; AMARAL, U.; SILVA, C. S.; CURVELO, C. R. S.; PEREIRA, A. I. A. Components of maize crop as a function of doses of polymerized urea. **Journal of Agricultural Science**, v. 11, p. 185-192, 2019a.

FERREIRA, L. L.; PEREIRA, A. I. A.; CURVELO, C. R. S.; FERNANDES, C. S.; DIAS, N. S.; NASCIMENTO, E. K. A.; SOUZA, B. R. Bioestimulante e nitrogênio de liberação gradual no desempenho do sorgo. **Nativa**, v. 7, p. 330-335, 2019b.

GIACOMINI, S. J., AITA, C., CHIAPINOTTO, I. C., HÜBNER, A. P., MARQUES, M. G., & CADORE, F. Consorciação de plantas de cobertura antecedendo o milho em plantio direto. II-Nitrogênio acumulado pelo milho e produtividade de grãos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 4, p. 751-762, 2004.

GITTI, D. C.; ARF, O.; MELERO, M.; RODRIGUES, R. A. F.; TARSITANO, M. A. A. Influence of nitrogen fertilization and green manure on the economic feasibility of no-tilled wheat in the Cerrado. **Revista Ceres**, Uberlândia, v. 59, n. 2, p. 246-253, 2012.

KAPPES, C.; GITTI, D. C.; ARF, O.; ANDRADE, J. A. C.; TARSITANO, M. A. A. Análise econômica do milho em sucessão a diferentes adubos verdes, manejos do solo e doses de nitrogênio. **Bioscience Journal**, v. 31, n. 1, p. 55-64, 2015.

KOPPEN, W.; Geiger, R. **Handbuch der Klimatologie**, Band 1, Teil C, C 42-43. Berlin: Gebrüder Bornträger 1936.

KOPPER, C. V.; MEERT, L.; KRENSKI, A.; BORGHI, W. A.; DE OLIVEIRA NETO, A. M.; FIGUEIREDO, A. S. T. Características agrônômicas e produtividade de milho segunda safra em função da velocidade de semeadura e população de plantas. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, Recife. v. 22, n. u, 2017.

LOPES, S. J., DAL, A., LÚCIO, C., STORCK, L., DAMO, H. P., BRUM, B., & DOS SANTOS, V. J. Relações de causa e efeito em espigas de milho relacionadas aos tipos de híbridos. **Ciência Rural, Santa Maria**, v. 37, n. 6, p.1536-1542, dez. 2017.

MAIA, S. M. F.; CARVALHO, J. L. N.; CERRI, C. E. P.; LAL, R.; BERNOUX, M.; GALDOS, M. V.; CERRI, C. C. Contrasting approaches for estimating soil carbon changes in Amazon and Cerrado biomes. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 133, n. 4, p. 75-84, 2013.

NARDINO, M.; BARETTA, D.; CARVALHO, I.R.; FOLLMANN, D.N.; FERRARI, M.; PELEGRIN, A.J.D.; SOUZA, V.Q.D. Divergência genética entre genótipos de milho (*Zea mays* L.) em ambientes distintos. **Revista de Ciências Agrárias**, 40(1), 164-174. (2017).

OLIVEIRA, M. L.; RUIZ, H. A.; COSTA, L. M.; SCHAEFER, C. E. G. R. Flutuações de temperatura e umidade do solo em resposta à cobertura vegetal. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, n.4, p.535-539, 2005.

- PADOVAN, M. P., CARNEIRO, L. F., FELISBERTO, G., NASCIMENTO, J. S., & CARNEIRO, D. N. M. Milho cultivado em sucessão a adubos verdes em sistemas sob bases agroecológicas. **Revista Agro@ mbiente On-line**, v. 9, n. 4, p. 377-385, 2016.
- PADOVAN, M. P.; CAMPOLIN, A. I. Caminhos para mudanças de processos e práticas rumo à agroecologia. Dourados: **Embrapa Agropecuária Oeste**, 2011. 52 p.
- PADOVAN, M. P.; OLIVEIRA, F. L.; CESAR, M. N. Z. O papel estratégico da adubação verde no manejo agroecológico do solo. In: PADOVAN, M. P. (Ed.). **Conversão de sistemas de produção convencionais para agroecológicos: novos rumos à agricultura familiar**. Dourados: Edição do autor, 2006. p. 69-82.
- PARTELLI, F. L., VIEIRA, H. D., FERREIRA, E. P. D. B., VIANA, A. P., ESPINDOLA, J. A. A., & CABALLERO, S. S. U. Biologic dinitrogen fixation and nutrient cycling in cover crops and their effect on organic Conilon coffee. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 32, n. 3, p. 995-1006, 2011.
- PARTELLI, F. L.; VIEIRA, H. D.; FERREIRA, E. P. B.; VIANA, A. P. Biologic dinitrogen fixation and nutrient cycling in cover crops and their effect on organic Conilon coffee. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 32, n. 3, p. 995-1006, 2011
- PEREIRA, A.R. Estimativa da área foliar em milharal. **Bragantia**, Campinas, v.46, n.1, p.147-150, 1987.
- PERIN, A.; SANTOS, R. H. S.; URQUIAGA, S.; GUERRA, G. M.; CECOM, P. R. Produção de fitomassa, acúmulo de nutrientes e fixação biológica de nitrogênio por adubos verdes em cultivo isolado e consorciado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 1, p. 35-40, 2004
- POSSAMAI, J. M.; SOUZA DE, C. M.; GALVÃO, J. C. C. **Sistemas de preparo do solo para o cultivo do milho safrinha**. *Bragantia*, Campinas, v. 60, n. 2, p. 79-82, 2001
- PRAZERES, C.S.; COELHO, C.M.M. Divergência genética e heterose relacionada à qualidade fisiológica em sementes de milho. **Bragantia**, Campinas, 75(4), 411-417. (2016).
- PRIMAVESI, A. **O manejo ecológico do solo**. 5.ed. São Paulo: Nobel, 2002. 549p.
- SEAB/DERAL. Secretaria da Agricultura e do Abastecimento/Departamento de Economia Rural. 2018. **Milho, análise de conjectura**. Disponível em: <http://www.agricultura.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=240>. (Acessado em: 27 Out. 18), 2018.
- SILVA, D.F.G.; COELHO, C.J.; ROMANEK, C.; GARDINGO, J.R.; SILVA, A.R.; GRACZYKI, B.L.; OLIVEIRA, E.A.T.; MATIELLO, R.R. Genetic dissimilarity and definition of recombination clusters among green corn half-sib progenies. **Bragantia**, Campinas, v.75, n.4, p.401-410, 2016.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Artmed Editora. 858p. 2017.
- VALDERRAMA, M.; BUZETTI, S.; BENETT, C. G. S.; ANDREOTTI, M. ; MINHOTO, M. C. T. Fontes e doses de NPK em milho irrigado sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Londrina, v. 41, n. 2, p. 254-263, 2011
- VALICENTE, F.H. **Manejo integrado de pragas na cultura do milho**. Circular Técnica, Sete Lagoas, MG, v.208, p.1-13, 2015.
- VARELLA, C.A.A.; CARVALHO PINTO, F.D.A.; COSTA, A.G.; SILVA, T.R. Predição de níveis de nitrogênio aplicados à cultura do milho utilizando imagens digitais. **Revista Engenharia na Agricultura-Reveng**, 27(3), 227-236. (2019).
- WUTKE, E. B.; CALEGARI, A.; & WILDNER, L do P. Espécies de adubos verdes e plantas de cobertura e recomendações para seu uso. In: LIMA FILHO, Oscar F. de.;
- ZANATTO, I. B.; SPONCHIADO, S.; TEODORO, P. E.; DA SILVA, K. J.; DE MENEZES, C. B.; TARDIN, F. D. Identificação de caracteres relacionados à precocidade e produtividade em híbridos de sorgo via correlações canônicas. *Embrapa Milho e Sorgo-Artigo em periódico indexado (ALICE)*. 2016.

ZIECH, A. R. D.; CONCEIÇÃO, P. C.; LUCHESE, A. V.; BALIN, N. M.; CANDIOTTO, G.; GARMUS, T. G. Proteção do solo por plantas de cobertura de ciclo hibernaI na região Sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, DF**, v. 50, n. 5, p. 374-382, 2015.