

PRODUTIVIDADE DE HÍBRIDOS DE MILHO IRRIGADO PARA SILAGEM SOB DOSES NITROGENADAS

A. C. Sanches¹, R. G. Maffei², F. L. F. de Jesus³, F. C. Mendonça⁴, D. P. de Souza⁵

RESUMO: A cultura do milho é bem responsiva a aplicação de fertilizantes, podendo ter elevadas respostas quando aliada a irrigação. Desta forma, o objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito da irrigação com diferentes doses nitrogenadas sobre alguns componentes de seis híbridos de milho silagem, sendo eles, produtividade de massa úmida, produtividade de massa seca, produtividade e porcentual de grãos no milho silagem. O estudo foi desenvolvido em área experimental da ESALQ/USP, no município de Piracicaba/SP, entre novembro a março de 2017, com sistema de irrigação por gotejamento subsuperficial. O delineamento experimental foi em blocos casualizados em esquema fatorial (Híbridos e doses nitrogenadas), com 4 repetições. Os Híbridos utilizados foram: Dow 2B587, Dekalb 175 Pro, Pioneer 30F53VYHR, Dow 2B587 PW, Dow 2B633PW C4M Cruiser e Santa Helena SHS7930 PRO2. As doses foram constituídas de: 0 kg ha⁻¹ de N, 60 kg ha⁻¹, 120 kg ha⁻¹, e 180 kg ha⁻¹. Houve interação significativa entre híbridos e doses na porcentagem de grãos. O híbrido Dow 2B587 foi o que obteve menor produtividade de grãos, com menor percentual de grãos na produtividade de matéria seca da silagem em relação aos híbridos Dow 2B633PW C4M Cruiser e Santa Helena SHS7930 PRO2. Todos os componentes estudados obtiveram respostas lineares crescentes para doses nitrogenadas, com aumento de 4587,5 kg ha⁻¹ de MS da silagem da menor para maior dose. A Produtividade média geral de massa úmida e massa seca de silagem foram de 81953,87 e 23993,10 kg ha⁻¹, respectivamente.

PALAVRAS-CHAVE: irrigação localizada, ureia, tensiometria e *Zea mays*

PRODUCTIVITY OF IRRIGATED CORN HYBRIDS FOR SILAGE UNDER NITROGEN DOSES

¹Engenheiro Agrônomo, doutorando em Engenharia de Sistemas Agrícolas, ESALQ/USP, arthur_carniato@hotmail.com,

²Academico do curso de Agronomia, ESALQ/USP, rodolfo.guertas.maffei@hotmail.com;

³ Eng. Agrícola, doutoranda em Engenharia de Sistemas Agrícola, ESALQ/USP, lamede10@yahoo.com.br;

⁴Professor Doutor, ESALQ/USP, fcmendon@gmail.com;

⁵Doutoranda em Engenharia de Sistemas Agrícolas, ESALQ/USP, dpdsouza@usp.br

ABSTRACT: The maize crop is very responsive to fertilizer application, and may have high responses when combined with irrigation. Therefore, the goal of this work was evaluate the effect of irrigation with different nitrogen doses on some components of six hybrids of corn silage, being they, wet mass productivity, dry mass productivity, grain yield and percentage in silage corn. The study was developed in an experimental area of ESALQ/USP, in the city of Piracicaba/SP, between November and March of 2017, with subsurface drip irrigation system. The experimental design was in randomized blocks in a factorial scheme (Hybrids and nitrogen doses), with four replication. The hybrids used were: Dow 2B587, DeKalb 175 Pro, Pioneer 30F53VYHR, Dow 2B587 PW, Dow 2B633PW C4M Cruiser and Santa Helena SHS7930 PRO2. The doses consisted of: 0 kg ha⁻¹ de N, 60 kg ha⁻¹, 120 kg ha⁻¹, e 180 kg ha⁻¹. There was a significant interaction between hybrids and doses in the percentage of grains. The Dow 2b587 hybrid was the one that obtained lower grain yield, with a lower percentage of grains in the silage dry matter yield in relation to the Dow 2B633PW C4M Cruiser and Santa Helena SHS7930 PRO2. All the studied components obtained increasing linear responses to nitrogen doses, with an increase of 4587.5 kg ha⁻¹ of MS from silage from lowest to highest dose. The average yield of wet mass and dry mass of silage were 81953.87 and 23993.10 kg ha⁻¹, respectively.

KEYWORDS: localized irrigation, urea, tensiometry and *Zea mays*

INTRODUÇÃO

A busca do desenvolvimento sustentável representa um dos maiores desafios para a humanidade (COSTA et al., 2014). De tal modo, com o intuito de manter a produção de leite no inverno mantendo o mesmo rebanho bovino e área ocupada, a silagem é reconhecidamente uma das melhores opções (NOCE et al., 2014; GUEDES et al., 2017). Além, da cadeia leiteira, a silagem de milho também tem sido muito utilizada na produção de ovinos na região Nordeste (SANTOS et al., 2010; CRUZ et al., 2016).

No entanto, para que o milho possa atender a esses requisitos, é necessária a utilização de cultivares adaptados às diferentes condições ambientais, bem como uso intensivo de fertilizantes nitrogenados, fatores responsáveis pela qualidade nutricional e aumento da produtividade (GUEDES et al., 2017). Adicionalmente com uso da irrigação, visando aumento da produtividade e redução dos custos por unidade produzida (OLIVEIRA et al., 2015).

Trabalhando com seis genótipos de milho diferentes em Petrolina-PE, Santos et al. (2010)

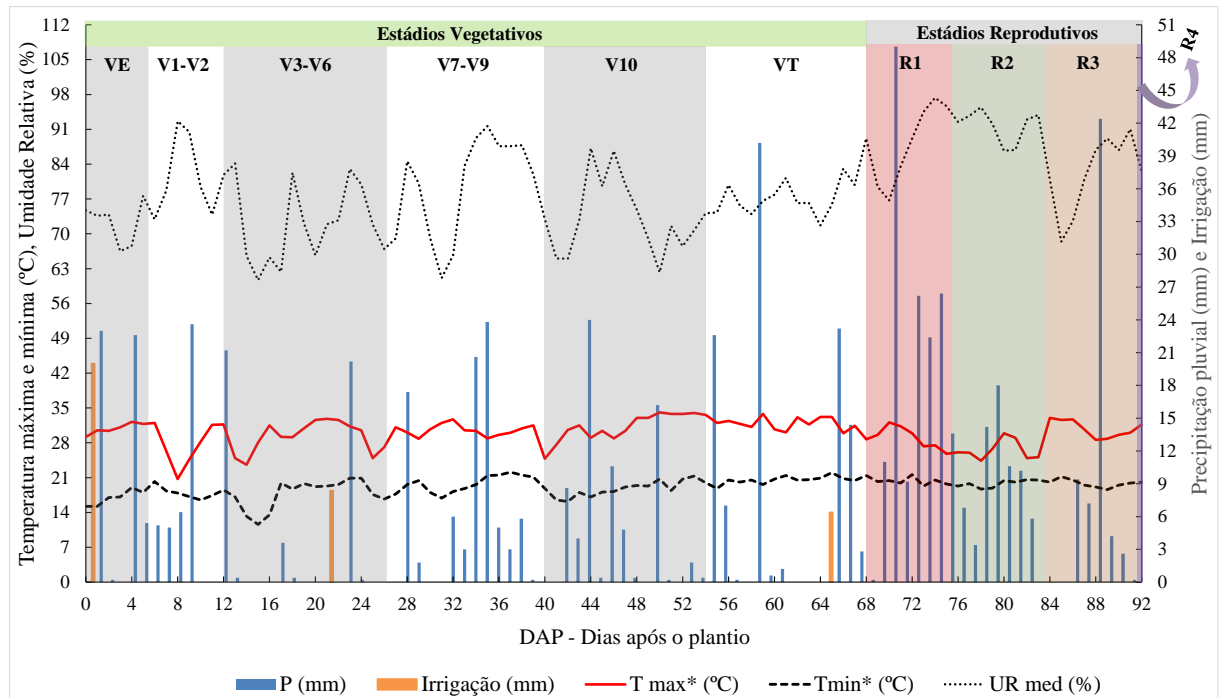
observaram teores médios de 26,6% e 6,3% de matéria seca (MS) e proteína bruta (PB) da silagem de milho, respectivamente. Resultados semelhantes de 26,0% e 6,71 de MS e PB, respectivamente, foram obtidos para a silagem de milho em São Cristovão-SE (Cruz et al. 2016).

Com biofertilizante suíno, com doses em concentrações de 0, 64, 128, 192 e 256 Kg de nitrogênio (N), foram encontrados acréscimos da menor para maior dose de 24910 e 5590 Kg ha⁻¹ de massa verde (MV) e matéria seca (MS) de silagem de milho, respectivamente, com as maiores produtividades de 50820 e 19070 Kg ha⁻¹ de MV e MS de silagem (MOREIRA et al., 2015). Já Guedes et al. (2017) obtiveram acréscimos de 3915 kg de MV da menor para maior dose de nitrogênio, 0 e 80 Kg ha⁻¹ de N, com produção máxima de 19882 kg ha⁻¹. Em três anos de cultivo, autores atingiram máxima produção de 18327 kg ha⁻¹ de MS de silagem com 100 m³ de vinhaça, 8304 kg de MS a mais que a menor dose (SILVA et al., 2016).

Desta forma, o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito da irrigação com diferentes doses nitrogenadas sobre alguns componentes de seis híbridos de milho silagem, sendo eles, produtividade de massa úmida, produtividade de massa seca, produtividade e porcentual de grãos no milho silagem para a região de Piracicaba-SP.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em Piracicaba-SP, em área experimental situada no *campus* da ESALQ/USP (Latitude 22° 42' sul e Longitude 47° 38' Oeste, com altitude 546 m) de novembro de 2016 à março de 2017. O clima da região segundo a classificação de Köppen é do tipo Cwa - Subtropical de Altitude, com verões quentes, geadas pouco frequentes e concentração das chuvas nos meses de verão (KOTTEK et al., 2006). Os valores de precipitação pluvial (mm) e irrigações (mm), temperatura máxima e mínima (°C) e umidade relativa do ar, decorridos no período experimental são apresentados na Figura 1.



Legenda: VE = emergência, V1-V2 = crescimento inicial, V3-V6 = definição de produção, V7-V9 = definição do nº fileiras, V10 = rápido crescimento, VT = pendoamento, R1 = florescimento e polinização, R2 = Grão bolha d'água, R3 = Grão leitoso, R4 = grão pastoso.

Figura 1. Gráfico de temperatura, precipitação e irrigação ao longo dos estádios de desenvolvimento do milho, Piracicaba-SP, 2016/2017.

O solo da região é classificado como Nitossolo Vermelho eutroférico latossólico (SANTOS et al., 2013). A análise química do solo na camada de 0 a 0,40 m apresentou 5,3 de pH (H₂O); 72 mg dm⁻³ de P; 9,4 mmol_c dm⁻³ de K; 3,9 cmol_c dm⁻³ de Ca; 1,8 cmol_c dm⁻³ de Mg; 3,1 cmol_c dm⁻³ de H+Al; 0,2 cmol_c dm⁻³ de Al.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados em esquema fatorial, sendo, o fator 1 híbridos de milho (em um total de seis) e o fator 2 doses de nitrogênio (0, 60, 120 e 180 Kg ha⁻¹ de N⁻¹), com 4 repetições. O experimento constou de 96 parcelas experimentais com 3,2 por 3,85 m iguais a 12,32 m² cada, totalizando 1182,72 m². Foram utilizados os Híbridos DOW 2B587 (H1), DEKALB 175 Pro (H2), PIONEER 30F53VYHR (H3), DOW 2B587 PW (H4), DOW 2B633PW C4M CRUISER (H5) e Santa Helena SHS7930 PRO2 (H6).

Foi realizado calagem em setembro de 2016 com dose 500 kg ha⁻¹, realizando posteriormente capina manual e aplicação de herbicida utilizando de 6 bombas de 20 litros com dose de glifosato igual a 250 ml, repetindo-a uma semana antes do plantio com intuito de extinguir as daninhas remanescentes.

O experimento foi semeado em 05 de novembro de 2016, com adubação de plantio da formulação 0-14-14 (N, P₂O₅, K₂O) aplicando-se 400 kg ha⁻¹. A adubação de cobertura foi

realizada com as doses nitrogenadas para cada tratamento em 10 de dezembro de 2016. Os tratamentos culturais constaram de apenas 2 capinas manuais.

As parcelas foram irrigadas por meio de fitas gotejadoras com espaçamento de 0,50 m por emissor, com vazão média igual a 1 L h⁻¹, com três linhas por parcela entre as fileiras de plantas. O manejo da irrigação foi realizado por meio de 6 tensiômetros instalados a 0,20 m de profundidade. A média das leituras de tensão de água foram coletadas a cada 4 dias com posterior irrigação quando o mesmo atingia 10 kPa segundo (ANDRADE; STONE, 2011). Realizou-se uma irrigação de 20 mm de estabelecimento para germinação do milho. Desta forma, a lâmina de irrigação (LI) a ser aplicada foi determinada pela diferença entre a umidade volumétrica na capacidade de campo (θ_{cc}) e a umidade volumétrica atual (θ_i), multiplicada pela profundidade efetiva da raiz (Z), igual 400 mm. A umidade à capacidade de campo (θ_{cc}) foi considerada como a umidade correspondente ao valor de $\Psi_m = 0,06$ bar (ANDRADE; STONE, 2011). Os valores de θ_i foram estimados por meio da curva de retenção de água no solo, obtida com o auxílio de extrator de Richards no Laboratório de Solos e Qualidade da Água da ESALQ/USP e ajustada pela equação abaixo (VAN GENUCHTEN, 1980):

$$\theta_i = 0,268 + \left[\frac{(0,4934 - 0,2938)}{[1 + (0,113\Psi_m)^{1,3211}]^{0,2431}} \right]; (R^2=1,00 \text{ e } P<0,01)$$

Em que:

θ_i = umidade volumétrica atual (cm³ cm⁻³)

Ψ_m = potencial matricial atual de água no solo (bar).

A lâmina de irrigação acumulada no período experimental foi de 34,76 mm distribuídos em 3 eventos de irrigação (Figura 1). Também, no respectivo período houve precipitação pluvial acumulada de 700,6 mm, com 407,8 mm no estágio vegetativo e 292,6 mm no estágio reprodutivo (até o início do R4 – colheita de silagem).

A colheita do milho silagem ocorreu aos 93 dias após plantio em 06 de fevereiro de 2017. O corte para avaliação adotado foi realizado a 0,2 m do solo com colheita de 1 m linear de plantas com plantio em espaçamento 0,7m, totalizando 0,7m² de área para avaliação de cada tratamento. Em média 7 plantas por metro linear, com espaçamento de 15 cm entre plantas e densidade populacional de 100 mil plantas ha⁻¹. Foram avaliados, a produtividade de silagem fresca ou úmida (PTSU) em Kg ha⁻¹, a produtividade de silagem em massa seca (PTSMS) em kg ha⁻¹, a produtividade de grãos em massa seca (PTG) em kg ha⁻¹ e o percentual de grãos do milho silagem (PGMS) em %.

Os dados experimentais foram submetidos a análise de variância pelo teste fatorial a 5% de probabilidade e quando constatadas diferenças significativas utilizou-se do Teste de Tukey para o fator Híbridos e análise de regressão para o fator doses de nitrogênio. O software utilizado foi o Assistat 7.7 beta (FRANCISCO; CARLOS, 2016).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios de PTSU, PTSMS, PTG e PGMS dos híbridos de milho são apresentados na Tabela 1. A produtividade de silagem úmida e seca não surtiu efeito para os híbridos. A PTSMS média de 23993,1 kg ha⁻¹ foi ligeiramente maior que os valores similares de 18327, 19070 e 19882 Kg ha⁻¹, encontrados por Silva et al. (2016), Moreira et al. (2015), Guedes et al. (2017), respectivamente.

Tabela 1. Produtividade média dos híbridos de milho, Piracicaba-SP, 2016/2017.

Variáveis	Híbridos de milho						MÉDIA
	H1	H2	H3	H4	H5	H6	
PTSU	81955,4a	78785,7a	88562,5a	85249,9a	79232,1a	77937,5a	81953,9
PTSMS	25225,1a	23806,1a	25908,9a	23837,1a	22540,7a	22640,6a	23993,1
PTG	7080,6c	8694,3ab	8024,2bc	8570,1abc	9625,4a	9651,8a	8607,7
PGMS(%)	29,26 b	36,52 ab	31,99 b	36,17 ab	43,82 a	43,16 a	36,82

Os híbridos H5 e H6 obtiveram as maiores produtividade de grãos (PTG) seguidos pelos híbridos H2 e H4. O híbrido 1 apresentou a menor PTG em relação aos híbridos H2, H5 e H6, cerca de 35 e 36% menor que os híbridos H5 e H6, respectivamente. Ainda, a porcentagem de grãos dos híbridos 5 e 6 foram superiores ao híbrido 1.

Todos os componentes estudados apresentaram crescimento lineares, com análise de regressão com ajuste linear e altos coeficientes de correlação (Figura 2). É possível observar que a maior PTSMS (Figura 2b) ocorre na maior dose de 180 kg ha⁻¹ corroborando Souza et al. (2016) que trabalhando com milho doce em Chapadão do Sul/MS encontraram máxima eficiência do uso da água com valor próximo do trabalho, para dose de N (168,4 Kg ha⁻¹ de N).

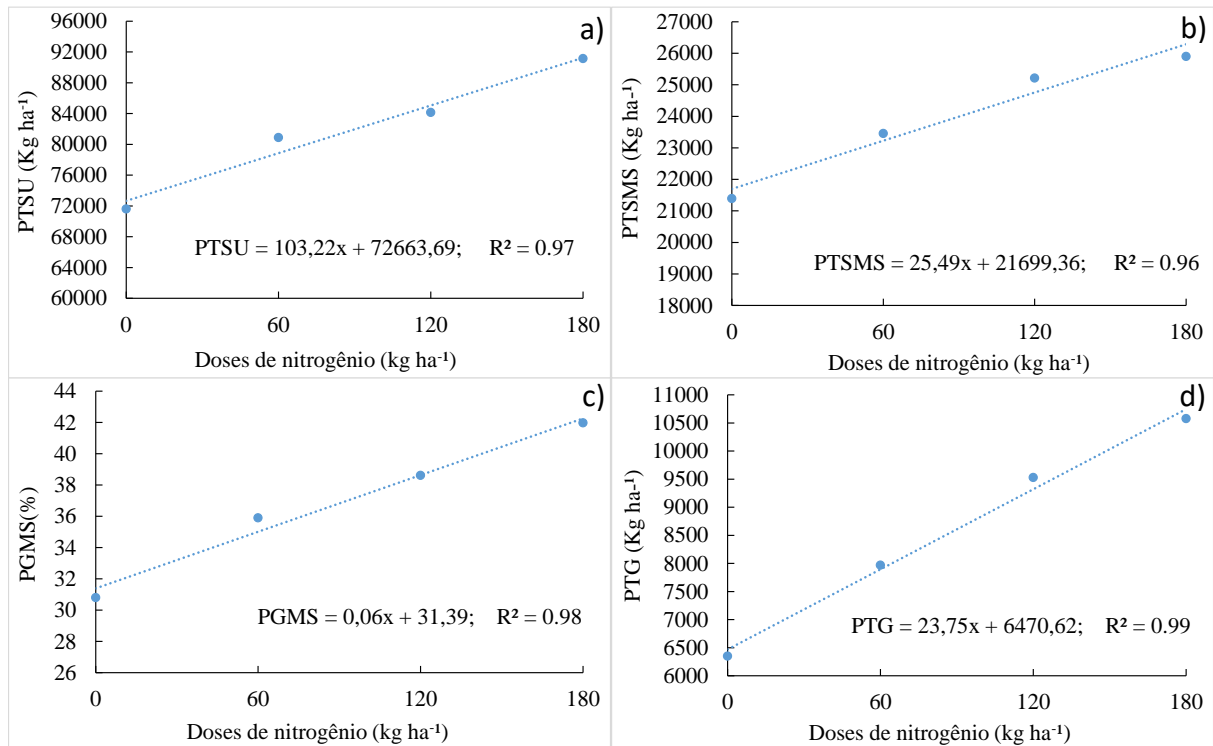


Figura 2. Análise de regressão para a Produtividade Total de Silagem Úmida (PTSU), Produtividade Total de Silagem em Massa Seca (PTSMS), Porcentagem de grãos da matéria seca (PGMS) e Produtividade Total de Grãos (PTG). Piracicaba-SP, 2015/2016.

Assim como no presente trabalho, Silva et al. (2016) obteve respostas lineares para Produtividade Total de Grãos (PTG), chegando a um máximo de 9011,7 kg ha⁻¹ com a maior dose de 90 kg ha⁻¹ de N, sendo que no trabalho a dose maior de 180 kg ha⁻¹ de N correspondeu a uma PTG de 10745,6 Kg ha⁻¹, apesar de dose bem superior ao trabalho de Silva et al. (2016) a resposta foi ligeiramente superior, por ter influências climáticas, edáficas e híbridos diferentes cada qual de seus trabalhos.

Freire et al. (2010) encontraram um aumento linear da PTG em função das doses de N, obtendo produções de 15 e 16 Mg ha⁻¹ com dose máxima de 200 kg ha⁻¹. Já, em trabalho com o fornecimento de ureia em cobertura obtiveram produtividade máxima de 14,8 Mg ha⁻¹ de espigas verdes com palha (Silva e Silva, 2003). Ambos obtiveram maiores produções que no presente trabalho, no entanto, em função da massa úmida, que porventura diminuiria bastante se convertido em massa seca, aproximando-se ao resultado deste trabalho.

A resposta do milho no aumento de produtividade de espigas em função do fornecimento de N, possivelmente deve-se ao fato desse nutriente causar maiores efeitos nas características de crescimento e desenvolvimento das plantas, as quais, direta ou indiretamente afetam a produtividade, onde o N deve estar disponível pela cultura (Okumura et al., 2011). Assim as

doses maiores podem ter prolongado o efeito do nitrogênio ao longo do crescimento do milho e contribuído para as maiores produções ocorridas.

No entanto, quando os híbridos são submetidos a doses elevadas de N ocorre uma queda de produção o que pode ser pelo fato do suprimento de N exceder as necessidades da cultura, caracterizando o consumo de luxo (Fernandes et al., 2005). O potencial produtivo do milho requer que suas exigências nutricionais sejam plenamente atendidas em virtude da grande extração de nutrientes do solo, sendo o N exigido em maior quantidade pela cultura e o que mais frequentemente limita a produtividade (Fornasier Filho, 2007), ou seja, as quantidade onde ouve maior produção supriram as exigências da cultura, tornando-a mais produtiva.

CONCLUSÃO

1. O híbrido Dow 2B587 foi o que obteve menor produtividade de grãos, com menor percentual de grãos na produtividade de matéria seca da silagem em relação aos híbridos Dow 2B633PW C4M Cruiser e Santa Helena SHS7930 PRO2.

2. O nitrogênio surtiu efeito positivo nos híbridos, todos os componentes estudados obtiveram respostas lineares crescentes para doses nitrogenadas.

3. Os milhos mostraram repostas crescentes ao nitrogênio, não atingindo o ápice com as doses aplicadas, evidenciando a necessidade de doses maiores em milho irrigado para encontrar o ponto de inflexão na curva de produção.

4. O material genético escolhido influencia diretamente a produção, em resposta ao investimento proposto, seja adubação ou irrigação.

AGRADECIMENTOS

À empresa Agrocerec Multimix pelo fornecimento de sementes, e aos técnicos do departamento de Engenharia de Biosistemas da ESALQ/USP pela ajuda proporcionada.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, R. D. S.; STONE, L. F. Estimativa da umidade na capacidade de campo em solos sob Cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 2, p. 111–116, 2011.

COSTA, G. D.; SILVA, M. A. A.; DEMÉTRIO, G. B.; SILVA, M. A.; MATSUMOTO, L. S. Influência Da Adubação Nos Atributos Microbiológicos Do Solo Na Produção De Milho Silagem. **Synergismus scyentifica UTFPR**, v. 9, n. 1, 2014.

CRUZ, I. V. P.; BACKES, A. A.; FAGUNDES, J. L.; SOUSA, B. M. L.; VIEIRA, J. S.; OLIVEIRA, R. S. Desempenho e características de carcaça de cordeiros alimentados com diferentes silagens. **Boletim de Indústria Animal**, v. 73, n. 2, p. 143–149, 2016.

FERNANDES, F.C.S.; BUZETTI, S.; ARF, O.; ANDRADE, J.A.C. Doses, eficiência e uso de nitrogênio por seis cultivares de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 4, n. 2, p. 195-204, 2005.

FORNASIERI FILHO, D. **Manual da cultura do milho**. São Paulo: Funep, 2007. 574 p.

FRANCISCO, de A. S. e S.; CARLOS, A. V. de A. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 39, p. 3733–3740, 29 set. 2016.

FREIRE, F. M.; VIANA, M.C.M.; MASCARENHAS, M.H.T.; PEDROSA, M.W.; COELHO, A.M.; ANDRADE, C.L.T. Produtividade econômica e componentes da produção de espigas verdes de milho em função da adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.9, n. 3, p. 213- 222, 2010.

GUEDES, B. R.; DAMACENO, Y. R. P.; PINTO, A. A.; SANTOS, S. L. L. dos; CAMARA, F. T. da. Produtividade de massa verde de milho transgênico em função da adubação em regime de sequeiro no Cariri-CE. **Revista de Ciências Agroambientais**, v. 15, n. 1, p. 1–9, 2017.

KOTTEK, M.; GRIESER, J.; BECK, C.; RUDOLF, B.; RUBEL, F. World map of the Köppen-Geiger climate classification updated. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 15, n. 3, p. 259–263, 2006.

MOREIRA, E. D. S.; FERNANDES, L. A.; COLEN, F.; CRUZ, L. R. Características agronômicas e produtividade de milho e milheto para silagem adubados com biofertilizante suíno sob irrigação. **Boletim de Indústria Animal**, v. 72, n. 3, p. 185–192, 2015.

NOCE, M. A.; OLIVEIRA, A. C.; CARVALHO, D. D. O.; CHAVES, F. F. Fertilization of maize silage using poultry litter in different dosages and systems of application. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 13, n. 2, p. 232–239, 2014.

OKUMURA, R. S.; MARIANO, D.C.; ZACCHEO, P. V. C. Uso de fertilizante nitrogenado na

cultura do milho: uma revisão. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, v. 4, n. 2, p. 226–244, 2011.

OLIVEIRA, F. G.; LOPES, R. G. N.; MOREIRA, F. G. D. A.; FIGUEIREDO, E. F. P. De. Influência da uniformidade de irrigação na produção e na rentabilidade de silagem de milho irrigado. **Irriga**, v. 1, n. 2, p. 103–108, 2015.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. Á. D.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. de. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. [s.l: s.n.]

SANTOS, R. D. dos; PEREIRA, L. G. R.; ARAÚJO, G. G. L. de; VOLTOLINI, T. V.; MORAES, S. A. de; NEVES, A. L. A.; COSTA, C. T. F. Consumo e Digestibilidade Aparente das Silagens de Seis Genótipos de Milho Precoce ou Super-Precoce. **Revista Científica de Produção Animal**, v. 12, n. 2, p. 188–191, 2010.

SILVA, A. G. D.; DUARTE, A. P.; PIEDADE, R. D. C.; COSTA, H. P.; MEIRELES, K. G. C.; BORGES, L. P. Inoculação de sementes de milho safrinha com *Azospirillum* e aplicação de nitrogênio em cobertura. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 14, n. 3, p.358-370, 2016.

SILVA, S. F. da; GARCIA, G. de O.; REIS, E. F. dos; DALVI, L. P. Uso agrícola da vinhaça para produção de forragem de milho durante três anos de cultivo. **Irriga**, v. Edição Esp, p. 59–69, 2016.

SILVA, P. S. L.; SILVA, P. I. B. Parcelamento da adubação nitrogenada e rendimento de espigas verdes de milho. **Horticultura Brasileira**, v. 21, n. 2, p. 149-152, 2003.

SOUZA, E. J.; DA CUNHA, F. F.; MAGALHÃES, F. F.; DA SILVA, T. R.; DA SANTOS, O. F. Eficiência do uso da água pelo milho doce em diferentes lâminas de irrigação e adubação nitrogenada em cobertura. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 10, nº 4, p. 750-757, 2016.

VAN GENUCHTEN, M. T. **A Closed-form Equation for Predicting the Hydraulic Conductivity of Unsaturated Soils**1Soil Science Society of America Journal, 1980.