



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA
DOUTORADO EM FITOTECNIA

ÊNIO GOMES FLÔR SOUZA

**PRODUÇÃO DE MILHO VERDE, SECO E PARA SILAGEM SOB DOSES DE
NITROGÊNIO FERTIRRIGADAS EM DUAS SAFRAS DE CULTIVO NO
SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

MOSSORÓ

2018

ÊNIO GOMES FLÔR SOUZA

**PRODUÇÃO DE MILHO VERDE, SECO E PARA SILAGEM SOB DOSES DE
NITROGÊNIO FERTIRRIGADAS EM DUAS SAFRAS DE CULTIVO NO
SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

Tese apresentada ao Doutorado em Fitotecnia do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Doutor em Fitotecnia.

Linha de Pesquisa: Práticas Culturais

Orientador: Francisco Bezerra Neto, Prof. Ph.D.

Co-orientador: Aurélio Paes Barros Júnior, Prof. D.Sc.

MOSSORÓ

2018

©Todos os direitos estão reservados à Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996, e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata, exceto as pesquisas que estejam vinculadas ao processo de patenteamento. Esta investigação será base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) seja devidamente citado e mencionado os seus créditos bibliográficos.

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Bibliotecas
da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S719p Souza, Ênio Gomes Flôr.
Produção de milho verde, seco e para silagem
sob doses de nitrogênio fertirrigadas em duas
safras de cultivo no semiárido brasileiro / Ênio
Gomes Flôr Souza. - 2018.
103 f. : il.

Orientador: Francisco Bezerra Neto.
Coorientador: Aurélio Paes Barros Júnior.
Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural
do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em
Fitotecnia, 2018.

1. *Zea mays* L. 2. Época de plantio. 3. Custos
de produção. 4. Dose econômica. I. Bezerra Neto,
Francisco, orient. II. Barros Júnior, Aurélio
Paes, co-orient. III. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

ÊNIO GOMES FLÔR SOUZA

**PRODUÇÃO DE MILHO VERDE, SECO E PARA SILAGEM SOB DOSES DE
NITROGÊNIO FERTIRRIGADAS EM DUAS SAFRAS DE CULTIVO NO
SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

Tese apresentada ao Doutorado em Fitotecnia
do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia
da Universidade Federal Rural do Semi-Árido
como requisito para obtenção do título de
Doutor em Fitotecnia.

Linha de Pesquisa: Práticas Culturais

Defendida em: 26 / 02 / 2018.

BANCA EXAMINADORA



Francisco Bezerra Neto, Prof. Ph.D. (UFERSA)
Presidente



Aurélio Paes Barros Júnior, Prof. D.Sc. (UFERSA)
Membro Examinador



Arthur Bernardes Cecílio Filho, Prof. D.Sc. (UNESP – Campus Jaboticabal)
Membro Examinador



Jaevesson da Silva, D.Sc. (EMBRAPA Mandioca e Fruticultura)
Membro Examinador



Karidja Kalliany Carlos de Freitas Moura, Profa. D.Sc. (Faculdade Diocesana de Mossoró)
Membro Examinador

A Manoel Henrique e Alice Maria, amados avós paternos, por terem estimulado a educação de seus filhos e netos.

A Evaldo Cruz, tio querido, pelo exemplo, amizade e incentivo na realização dos meus sonhos.

(In Memoriam)

À Adailza Flôr, mãe querida, por ter me ensinado a aprender e a ser realista.

A Edmir Souza, pai amado, por me ensinar a ter otimismo, apesar de qualquer dificuldade.

AGRADECIMENTOS

A Deus, que está comigo em todos os momentos, por me conceder saúde para concretizar mais um sonho.

A toda minha família, em especial aos meus pais (Adailza Flôr e Edmir Souza), por torcerem e estarem ao meu lado em todos os momentos.

À Ellen Abreu da Cruz, pelo amor, companheirismo, dedicação e incentivo.

À Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) e ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, pelo apoio, infraestrutura, qualidade e dedicação dos estudantes, professores, técnicos administrativos e funcionários terceirizados.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UAST), pelo afastamento integral concedido para as atividades do doutorado durante o tempo em que fui servidor da instituição.

Ao Instituto Federal de Alagoas (IFAL), pela concessão de afastamento para dedicação integral ao doutorado, e aos professores, Ricardo Albuquerque (Diretor Geral do Campus Piranhas) e Antônio Iatanilton (Diretor Acadêmico), pela disponibilidade dos laboratórios da instituição para realização do projeto de tese.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão de bolsa de estudo e auxílio moradia através do Programa de Formação Doutoral Docente (PRODOUTORAL) do IFAL.

Aos professores Aurélio P. Barros Júnior e Lindomar M. da Silveira, orientadores queridos, pelo acolhimento inicial em Mossoró-RN, por sempre acreditarem no meu trabalho e me estimularem a buscar novos objetivos pessoais e profissionais.

Ao professor Francisco Bezerra Neto e demais membros da Banca Examinadora, pelas singulares contribuições na elaboração da tese.

À família do senhor Cícero Gouveia, em especial, ao seu filho José Henrique Gouveia, pela confiança e parceria na condução dos experimentos de campo em sua propriedade rural.

Aos professores da UFRPE-UAST, Thieres Silva e Maurício Leite, responsáveis, respectivamente, pela montagem da estação meteorológica automática e orientação nas avaliações agronômicas do milho.

Aos professores, técnicos administrativos e terceirizados do IFAL, em especial, Michelângelo Oliveira, José Madson, Fabiano Prates, José Thales Pantaleão e Kleyton Danilo, pela ajuda na condução, avaliação e discussão dos experimentos.

Aos queridos alunos e ex-alunos do IFAL, dentre os quais destaco Livia Santos, Débora Santos, Larissa Vasconcelos, Robert Róginis, Marlon Gerônimo, Edilson Mendonça, Gandhy Brito, Renato Guilherme, Pedro Igor, Antônio Neto, Anderson Pereira, Magna Pereira, Bruna Lorryne, Maria Marta, Maria Mônica, Frankly Barbosa, Ranniele Luiza, Ana Paula, Adriano Murilo, Keyla Wedna e Karina Santos, pelo grande apoio nas diversas etapas dos experimentos da tese.

À mestranda em Produção Agrícola (UFRPE), Rafaela Félix, pela realização de análises químicas do milho no Laboratório de Química Agrícola e Ambiental da UFRPE, Unidade Acadêmica de Garanhuns (UAG).

Ao Centro Xingó de Convivência com o Semiárido, pela liberação do galpão e máquina forrageira para avaliação do milho destinado à silagem.

Aos técnicos de laboratório, Luiz Odonil e Vilma Amâncio, à doutoranda em Ciência Animal (UFERSA), Autora Melo, e ao professor Alex Varela, por terem realizado análises da silagem do milho nos Laboratórios de Nutrição Animal e Nutrição de Precisão da UFERSA.

Aos amigos do Grupo de Estudos e Pesquisa em Produção Agrícola e Recursos Genéticos Vegetais (GEPPARG), Gerffeson Motta, Rayanne Ribeiro, Manoel Galdino, Almir Rogério, José Ricardo, Enielson Soares, Francilene Tartaglia, Hamurábi Lins, Allysson Santos, Alex Monteiro, Elane Cristina, Carla Caroline, Luiz Aurélio, Hugo Ferreira, Giordânio Bruno, Leonardo Vieira, Bruno Goulart e Victor Goulart. Agradeço a todos pela convivência e parceria na elaboração e execução de vários trabalhos científicos, com os quais aprendi muito.

Aos funcionários da Horta Didática da UFERSA, senhores Antônio, Raimundo, Alderí, Nanan e Josimar, pela ajuda na realização dos trabalhos de campo do GEPPARG e referente ao meu Estágio em Docência II.

Aos amigos conquistados durante o Doutorado, Paulo Cássio, Josimar Nogueira, Thiago Pereira, Valdívnia Sousa, Franciézer Lima, Christiane Noronha, Cassiana Souza, Eduardo Pereira, José Israel e Jean Carlos, pelo bom convívio durante minhas temporadas em Mossoró-RN.

Agradecerei sempre!

RESUMO

Os agricultores do semiárido brasileiro têm cultivado o milho irrigado, visando, principalmente, à comercialização de espigas verdes e silagem. Entretanto, o cultivo irrigado para grãos secos tem questionamentos quanto aos custos e competitividade de preço frente ao produto não irrigado, oriundo de outras regiões. Nos últimos anos, o uso de fitas gotejadoras e fertirrigação tem se disseminado entre os produtores de milho da região. O nitrogênio (N) é o nutriente mais exigido pelo milho, em que doses crescentes podem incrementar a produtividade da lavoura. Neste sentido, objetivou-se determinar a dose de N via fertirrigação, que proporciona a máxima produção econômica de milho para espigas verdes, silagem e grãos secos, em duas safras agrícolas (verão e inverno), no município de Canindé de São Francisco, Estado de Sergipe, semiárido brasileiro. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com quatro repetições. Em ambas as safras, os tratamentos consistiram em quatro doses de N (0; 80; 160 e 240 kg ha⁻¹), na forma de ureia. No milho híbrido Bt Feroz, quando verde, foram avaliados: teor de N na folha diagnóstica, número e massa de espigas (total e comercializável). No milho destinado à silagem: produtividade de massas fresca e seca da parte aérea. Para grãos secos: alturas da planta e de inserção da espiga, diâmetro do colmo, massa de 100 grãos e produtividade de grãos. Para todos os produtos, foram levantados os custos totais de produção, rendas bruta e líquida, taxa de retorno e índice lucratividade para cada dose de N e safra agrícola. Análises conjuntas foram realizadas para as características com homogeneidade de variâncias entre as safras. Para milho verde, os maiores números de espigas comercializáveis foram alcançados com 152,52 kg ha⁻¹ de N no verão (41.183,84 espigas ha⁻¹) e 190,31 kg ha⁻¹ de N no inverno (53.291,25 espigas ha⁻¹). A renda líquida atingiu valores máximos de R\$ 13.473,50 ha⁻¹ (verão) e R\$ 18.266,30 ha⁻¹ (inverno), quando aplicadas fertirrigações com 146,58 e 185,83 kg ha⁻¹ de N, respectivamente. Na safra de verão do milho para silagem, a produtividade de massa fresca (26,92 t ha⁻¹) e a renda líquida (R\$ 4.318,94 ha⁻¹) foram máximas quando as plantas são fertirrigadas com 87,62 e 71,14 kg ha⁻¹ de N, respectivamente. No inverno, a produtividade de massa fresca (38,14 t ha⁻¹) e a renda líquida (R\$ 8.322,79 ha⁻¹) do milho para silagem aumentam até a dose de 240 kg ha⁻¹ de N. Independente das safras, a produtividade de grãos secos (5.441,03 kg ha⁻¹) foi máxima quando o milho foi fertirrigado com a dose de 104,05 kg ha⁻¹ de N. As maiores rendas líquidas de grãos secos foram observadas nas doses de 80 kg ha⁻¹ de N no verão (R\$ 1.190,78 ha⁻¹) e 160 kg ha⁻¹ de N no inverno (R\$ 2.757,54 ha⁻¹). A safra de inverno foi mais favorável à produção econômica de espigas verdes, silagem e grãos secos.

Palavras-chave: *Zea mays* L. Época de plantio. Custos de produção. Dose econômica.

ABSTRACT

The producers in the northeastern semi-arid region of Brazil have cultivated maize irrigated, aiming mainly at the commercialization of green ears and silage. However, the irrigated crop for dry grains has questions about the costs and price competitiveness in relation to the non-irrigated product, originating in other regions. In recent years, the use of drip tapes and fertigation has spread among maize producers in the region. Nitrogen (N) is the nutrient most demanded by maize, in which increasing doses can increase the yield. The aim of this study was to determine the N dose via fertigation, which provides the maximum economic production of maize for green ears, silage and dry grains, in two agricultural crops (summer and winter), located in the municipality of Canindé de São Francisco, State of Sergipe, Brazilian semi-arid. The experimental design was in randomized blocks, with four replications. In both crops, the treatments consisted of four doses of N (0, 80, 160 and 240 kg ha⁻¹) in the form of urea. In the hybrid maize Bt Feroz, when green, were evaluated the N content in the diagnostic leaf, the number and mass of ear (total and marketable). In maize for silage: yield of fresh and dry mass of the shoot. For dry grains: plant height and ear insertion, stalk diameter, 100 grain mass and grain yield. For all products, the total costs of production, gross and net incomes, rate of return and profitability index were calculated for each dose of N and agricultural crop. Joint analyzes were performed for the characteristics with homogeneity of variances between the agricultural crops. For green maize, the highest numbers of marketable ears were reached with 152.52 kg ha⁻¹ of N in summer (41,183.84 ha⁻¹) and 190.31 kg ha⁻¹ of N in winter (53,291.25 ears ha⁻¹). The net income reached maximum values of R\$ 13,473.50 ha⁻¹ (summer) and R\$ 18,266.30 ha⁻¹ (winter), when fertigations were applied with 146.58 and 185.83 kg ha⁻¹ of N, respectively. In the summer harvest of maize for silage, fresh mass yield (26.92 t ha⁻¹) and net income (R\$ 4,318.94 ha⁻¹) were highest when the plants were fertigated with 87.62 and 71,14 kg ha⁻¹ of N, respectively. In the winter, the fresh mass yield (38.14 t ha⁻¹) and the net income (R\$ 8,322.79 ha⁻¹) of maize for silage increase up to the dose of 240 kg ha⁻¹ of N. Independent of agricultural crops, the yield of dry grains (5,441.03 kg ha⁻¹) was highest when the maize was fertigated with the dose of 104.05 kg ha⁻¹ of N. The highest net incomes of dry grains were observed at 80 kg ha⁻¹ of N in summer (R\$ 1,190.78 ha⁻¹) and 160 kg ha⁻¹ of N in winter (R\$ 2,757.54 ha⁻¹). The winter crop was more favorable to the economic production of green ears, silage and dry grains.

Keywords: *Zea mays* L. Planting date. Production costs. Economical dose.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Valores de precipitação pluviométrica acumulada, temperatura média do ar, umidade relativa do ar e indicação dos estádios fenológicos (VE: emergência; VT: pendoamento; R3: grãos leitosos; R5: grãos farináceos; R6: maturidade fisiológica) do milho fertirrigado com doses de nitrogênio, nas safras de verão e inverno de 2016, em Canindé de São Francisco-SE, semiárido brasileiro. Mossoró-RN, UFERSA, 2018.....	26
Figura 2 – Teor de nitrogênio na folha diagnóstica (A) e número total de espigas (B) na produção de milho verde fertirrigado com doses de nitrogênio em Canindé de São Francisco-SE, semiárido brasileiro. Mossoró-RN, UFERSA, 2018.	34
Figura 3 – Massa total de espigas (A), número de espigas comercializáveis (B) e massa de espigas comercializáveis (C) na produção de milho verde fertirrigado com doses de nitrogênio em duas safras agrícolas no município de Canindé de São Francisco-SE, semiárido brasileiro. Mossoró-RN, UFERSA, 2018.....	36
Figura 4 – Renda bruta na produção de milho verde fertirrigado com doses de nitrogênio em duas safras agrícolas no município de Canindé de São Francisco-SE, semiárido brasileiro. Mossoró-RN, UFERSA, 2018.....	39
Figura 5 – Renda líquida na produção de milho verde fertirrigado com doses de nitrogênio em duas safras agrícolas no município de Canindé de São Francisco-SE, semiárido brasileiro. Mossoró-RN, UFERSA, 2018.....	43
Figura 6 – Taxa de retorno na produção de milho verde fertirrigado com doses de nitrogênio em Canindé de São Francisco-SE, semiárido brasileiro. Mossoró-RN, UFERSA, 2018.	44
Figura 7 – Índice de lucratividade de milho verde fertirrigado com doses de nitrogênio nas safras de verão (A) e de inverno (B) no município de Canindé de São Francisco-SE, semiárido brasileiro. Mossoró-RN, UFERSA, 2018.....	45
Figura 8 – Produtividades de massas fresca (A) e seca (B) de milho para silagem, fertirrigado com doses de nitrogênio em duas safras agrícolas no município de Canindé de São Francisco-SE, semiárido brasileiro. Mossoró-RN, UFERSA, 2018.	47
Figura 9 – Renda bruta de milho para silagem, fertirrigado com doses de nitrogênio em duas safras agrícolas no município de Canindé de São Francisco-SE, semiárido brasileiro. Mossoró-RN, UFERSA, 2018.	49
Figura 10 – Renda líquida de milho para silagem, fertirrigado com doses de nitrogênio em duas safras agrícolas no município de Canindé de São Francisco-SE, semiárido brasileiro. Mossoró-RN, UFERSA, 2018.	54

Figura 11 – Taxa de retorno (A) e índice de lucratividade (B) de milho para silagem, fertirrigado com doses de nitrogênio em duas safras agrícolas no município de Canindé de São Francisco-SE, semiárido brasileiro. Mossoró-RN, UFERSA, 2018.....	56
Figura 12 – Altura da planta de milho fertirrigado com doses de nitrogênio em duas safras agrícolas no município de Canindé de São Francisco-SE, semiárido brasileiro. Mossoró-RN, UFERSA, 2018.....	58
Figura 13 – Altura de inserção da espiga (A), diâmetro do colmo (B), massa de 100 grãos (C) e produtividade de grãos (D) de milho fertirrigado com doses de nitrogênio no município de Canindé de São Francisco-SE, semiárido brasileiro. Mossoró-RN, UFERSA, 2018.	60
Figura 14 – Renda bruta de milho fertirrigado com doses de nitrogênio no município de Canindé de São Francisco-SE, semiárido brasileiro. Mossoró-RN, UFERSA, 2018.	64
Figura 15 – Taxa de retorno de milho fertirrigado com doses de nitrogênio no município de Canindé de São Francisco-SE, semiárido brasileiro. Mossoró-RN, UFERSA, 2018.	70

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Análises químicas do solo das áreas experimentais do milho (profundidade de 0 a 20 cm), nas safras de verão e inverno de 2016, em Canindé de São Francisco-SE, semiárido brasileiro. Mossoró-RN, UFERSA, 2018.....	27
Tabela 2 – Resumo da análise conjunta de variância (valores de F) para teor de nitrogênio na folha diagnóstica (FD), número total de espigas (NTE), massa total de espigas (MTE), número de espigas comercializáveis (NEC) e massa de espigas comercializáveis (MEC) na produção de milho verde fertirrigado com doses de nitrogênio em duas safras agrícolas no município de Canindé de São Francisco-SE, semiárido brasileiro. Mossoró-RN, UFERSA, 2018.	33
Tabela 3 – Valores médios de teor de nitrogênio (N) na folha diagnóstica e número total de espigas na produção de milho verde em duas safras agrícolas no município de Canindé de São Francisco-SE, semiárido brasileiro. Mossoró-RN, UFERSA, 2018.....	35
Tabela 4 – Valores médios de massa total de espigas, número e massa de espigas comercializáveis da interação entre safras agrícolas e doses de nitrogênio via fertirrigação, na produção de milho verde em Canindé de São Francisco-SE, semiárido brasileiro. Mossoró-RN, UFERSA, 2018.....	37
Tabela 5 – Resumo da análise conjunta de variância (valores de F) para renda bruta, renda líquida e taxa de retorno na produção de milho verde fertirrigado com doses de nitrogênio em duas safras agrícolas no município de Canindé de São Francisco-SE, semiárido brasileiro. Mossoró-RN, UFERSA, 2018.....	38
Tabela 6 – Valores médios de renda bruta da interação entre safras agrícolas e doses de nitrogênio via fertirrigação, na produção de milho verde em Canindé de São Francisco-SE, semiárido brasileiro. Mossoró-RN, UFERSA, 2018.	39
Tabela 7 – Componentes dos custos totais na produção de um hectare de milho verde fertirrigado com doses de nitrogênio (N) em duas safras agrícolas no município de Canindé de São Francisco-SE, semiárido brasileiro. Mossoró-RN, UFERSA, 2018.....	40
Tabela 8 – Valores médios de renda líquida da interação entre safras agrícolas e doses de nitrogênio via fertirrigação, na produção de milho verde em Canindé de São Francisco-SE, semiárido brasileiro. Mossoró-RN, UFERSA, 2018.	43
Tabela 9 – Valores médios de taxa de retorno na produção de milho verde em duas safras agrícolas no município de Canindé de São Francisco-SE, semiárido brasileiro. Mossoró-RN, UFERSA, 2018.....	44

Tabela 10 – Resumo da análise de variância individual (valores de F) para índice de lucratividade na produção de milho verde fertirrigado com doses de nitrogênio nas safras de verão e de inverno no município de Canindé de São Francisco-SE, semiárido brasileiro. Mossoró-RN, UFERSA, 2018.	45
Tabela 11 – Resumo da análise conjunta de variância (valores de F) para produtividade de massa fresca (PMF) e produtividade de massa seca (PMS) de milho para silagem, fertirrigado com doses de nitrogênio em duas safras agrícolas no município de Canindé de São Francisco-SE, semiárido brasileiro. Mossoró-RN, UFERSA, 2018.	46
Tabela 12 – Valores médios de produtividades de massas fresca e seca da interação entre safras agrícolas e doses de nitrogênio via fertirrigação, na produção de milho para silagem em Canindé de São Francisco-SE, semiárido brasileiro. Mossoró-RN, UFERSA, 2018.	47
Tabela 13 – Resumo da análise conjunta de variância (valores de F) para renda bruta (RB), renda líquida (RL), taxa de retorno (TR) e índice de lucratividade (IL) de milho para silagem, fertirrigado com doses de nitrogênio em duas safras agrícolas no município de Canindé de São Francisco-SE, semiárido brasileiro. Mossoró-RN, UFERSA, 2018.	49
Tabela 14 – Valores médios de renda bruta da interação entre safras agrícolas e doses de nitrogênio via fertirrigação, na produção de milho para silagem em Canindé de São Francisco-SE, semiárido brasileiro. Mossoró-RN, UFERSA, 2018.	50
Tabela 15 – Componentes dos custos totais na produção de um hectare de milho para silagem, fertirrigado com doses de nitrogênio (N) em duas safras agrícolas no município de Canindé de São Francisco-SE, semiárido brasileiro. Mossoró-RN, UFERSA, 2018.	50
Tabela 16 – Valores médios de renda líquida da interação entre safras agrícolas e doses de nitrogênio via fertirrigação, na produção de milho para silagem em Canindé de São Francisco-SE, semiárido brasileiro. Mossoró-RN, UFERSA, 2018.	55
Tabela 17 – Valores médios de taxa de retorno e índice de lucratividade da interação entre safras agrícolas e doses de nitrogênio via fertirrigação, na produção de milho para silagem em Canindé de São Francisco-SE, semiárido brasileiro. Mossoró-RN, UFERSA, 2018.	56
Tabela 18 – Resumo da análise conjunta de variância (valores de F) para altura da planta (AP), altura de inserção da espiga (AIE), diâmetro do colmo (DC), massa de 100 grãos (M100G) e produtividade de grãos (PG) de milho fertirrigado com doses de nitrogênio em duas safras agrícolas no município de Canindé de São Francisco-SE, semiárido brasileiro. Mossoró-RN, UFERSA, 2018.	57

Tabela 19 – Valores médios de altura da planta de milho da interação entre safras agrícolas e doses de nitrogênio via fertirrigação, na produção de grãos secos no município de Canindé de São Francisco-SE, semiárido brasileiro. Mossoró-RN, UFERSA, 2018.....	58
Tabela 20 – Valores médios de altura de inserção da espiga (AIE), massa de 100 grãos (M100G), produtividade de grãos (PG) de grãos secos de milho em duas safras agrícolas no município de Canindé de São Francisco-SE, semiárido brasileiro. Mossoró-RN, UFERSA, 2018.	62
Tabela 21 – Resumo da análise conjunta de variância (valores de F) para renda bruta e taxa de retorno de milho fertirrigado com doses de nitrogênio em duas safras agrícolas no município de Canindé de São Francisco-SE, semiárido brasileiro. Mossoró-RN, UFERSA, 2018.	63
Tabela 22 – Valores médios de renda bruta de grãos secos de milho em duas safras agrícolas no município de Canindé de São Francisco-SE, semiárido brasileiro. Mossoró-RN, UFERSA, 2018.	64
Tabela 23 – Componentes dos custos totais na produção de um hectare de milho para grãos secos, fertirrigado com doses de nitrogênio (N) em duas safras agrícolas no município de Canindé de São Francisco-SE, semiárido brasileiro. Mossoró-RN, UFERSA, 2018.	65
Tabela 24 – Resumo da análise de variância individual (valores de F) para renda líquida (RL) e índice de lucratividade (IL) de grãos secos de milho fertirrigado com doses de nitrogênio nas safras de verão e de inverno no município de Canindé de São Francisco-SE, semiárido brasileiro. Mossoró-RN, UFERSA, 2018.....	69
Tabela 25 – Valores médios de produtividade de grãos (PG), renda bruta (RB), custos totais (CT), renda líquida (RL), taxa de retorno (TR) e índice de lucratividade (IL) na produção de um hectare de milho para grãos secos, fertirrigado com doses de nitrogênio em duas safras agrícolas no município de Canindé de São Francisco-SE, semiárido brasileiro. Mossoró-RN, UFERSA, 2018.....	69
Tabela 26 – Valores médios de taxa de retorno de grãos secos de milho em duas safras agrícolas no município de Canindé de São Francisco-SE, semiárido brasileiro. Mossoró-RN, UFERSA, 2018.....	70

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1 IMPORTÂNCIA DO MILHO NO CONTEXTO DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO	16
2.2 FERTIRRIGAÇÃO NITROGENADA NO MILHO	18
2.2.1 Milho verde	19
2.2.2 Silagem.....	20
2.2.3 Grãos secos	22
2.2.4 Viabilidade econômica	24
3 MATERIAL E MÉTODOS	26
3.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL	26
3.2 DELINEAMENTO, TRATAMENTOS E UNIDADE EXPERIMENTAL.....	27
3.3 INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DOS EXPERIMENTOS	28
3.4 VARIÁVEIS AGRONÔMICAS	28
3.4.1 Milho verde	28
3.4.2 Silagem.....	29
3.4.3 Grãos secos	29
3.5 VARIÁVEIS ECONÔMICAS.....	29
3.6 ANÁLISES ESTATÍSTICAS	32
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
4.1 MILHO VERDE	33
4.1.1 Variáveis agronômicas	33
4.1.2 Variáveis econômicas	38
4.2 SILAGEM.....	46
4.2.1 Variáveis agronômicas	46
4.2.2 Variáveis econômicas	48
4.3 GRÃOS SECOS.....	57
4.3.1 Variáveis agronômicas	57
4.3.2 Variáveis econômicas	63
5 CONCLUSÕES	72
REFERÊNCIAS	73
APÊNDICE A	84
APÊNDICE B	90
APÊNDICE C	97

1 INTRODUÇÃO

Devido ao seu alto valor nutricional, o milho (*Zea mays* L.) fornece produtos para alimentação humana e animal, bem como matérias-primas para a indústria. Dentre esses produtos, o milho verde atende ao consumo popular de espigas cozidas ou assadas, além de ser ingrediente de comidas típicas. A conservação da parte aérea do milho a partir da ensilagem garante a obtenção de um excelente alimento para dieta de ruminantes. Por sua vez, os grãos secos são o principal componente energético de rações para animais (sobretudo, frangos e suínos), sendo demandados também pelas indústrias alimentícia, farmacêutica, energética, entre outras.

O cultivo do milho é realizado em todas as regiões do Brasil. No semiárido do Nordeste, as características climáticas são bem distintas dos Estados do Centro-Sul, em que aquele em que apresentar precipitação anual igual ou inferior a 800 mm e regime de chuvas marcado pela irregularidade no espaço e no tempo. Dessa forma, o cultivo de sequeiro do milho no semiárido se restringe ao único período chuvoso do ano de cada localidade. O grande risco de ocorrência de déficit hídrico no decorrer do ciclo da cultura conduz ao agricultor a investir menos em tecnologia, uma vez que não há garantia de produção.

Em áreas irrigadas, a produção do milho é uma alternativa; porém, para que seja economicamente viável e atenda à demanda do mercado consumidor, torna-se necessária a obtenção de produtividades satisfatórias, sendo fundamental que todos os fatores de produção estejam em níveis ótimos. Dentre esses fatores, a adubação tem papel importante na fertilidade do solo e nutrição mineral do milho, principalmente em relação ao nitrogênio (N), nutriente mais exigido pela cultura.

Muitas pesquisas demonstraram a influência benéfica de doses de N nas produtividades de espigas verdes, silagem e grãos secos. A deficiência desse nutriente reduziu as produtividades e, como consequência, os lucros, enquanto o excesso nem sempre correspondeu ao aumento esperado na produtividade, onerando os custos de produção e contribuindo para uma maior possibilidade de dano ambiental.

Por outro lado, o uso de adubos nitrogenados na água de irrigação (fertirrigação) para manejo nutricional do milho ainda é pouco estudado, sobretudo quando a irrigação é localizada e por gotejamento. A fertirrigação nitrogenada pode reduzir os custos com adubos e mão de obra, facilitar o parcelamento e diminuir perdas de N por volatilização de amônia (NH₃) e lixiviação de nitrato (NO₃⁻).

Assim como para as doses de N, faz-se necessária a avaliação da resposta agrônômica do milho a diferentes condições meteorológicas, uma vez que o potencial produtivo da cultura tem relação direta com a temperatura do ar, mesmo com as necessidades hídricas atendidas via irrigação. Além disso, o estudo de safras distintas do milho fundamenta-se, ainda, no fato de seus produtos serem comercializados ao longo do ano, sofrendo oscilações nos custos de produção e nas rendas em função da oferta e da demanda a níveis locais, regionais e nacionais.

Neste sentido, o objetivo do presente trabalho foi determinar a dose de nitrogênio via fertirrigação, que proporciona a máxima produção econômica de milho para espigas verdes, silagem e grãos secos, em duas safras agrícolas (verão e inverno), no município de Canindé de São Francisco-SE, semiárido brasileiro.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 IMPORTÂNCIA DO MILHO NO CONTEXTO DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

O milho é uma das principais culturas do agronegócio brasileiro, com relevada importância socioeconômica e nutricional, sendo o Brasil o terceiro maior produtor mundial deste cereal em 2016, atrás apenas da China e dos Estados Unidos da América (FAO, 2018). Na safra 2016/17, a área plantada com milho atingiu recorde de 17,59 milhões de hectares, produção de 97,82 milhões de toneladas de grãos e produtividade média de 5.560,40 kg ha⁻¹ (CONAB, 2017a). Houve um acréscimo de 47% em relação à produção obtida na safra precedente (66,53 milhões de toneladas), principalmente devido à quebra na produtividade causada pela irregularidade e baixo volume de chuvas no milho de segunda safra em 2015/16 promovida pelo fenômeno meteorológico *El Niño* (CONAB, 2017b).

Em relação às regiões produtoras, a produtividade média variou bastante na safra 2016/17, alcançando médias máximas de 6.098,00 e 6.583,00 kg ha⁻¹ no Centro-Oeste e no Sul, respectivamente (CONAB, 2017a). Entretanto, na maioria dos Estados do Nordeste, os valores observados foram inferiores a 900 kg ha⁻¹, com exceção de Sergipe, Maranhão, Bahia e Piauí, cujas médias foram maiores que 2.950,00 kg ha⁻¹. No Nordeste, o Estado de Sergipe destaca-se por apresentar a maior produtividade da região com média de 4.571,00 kg ha⁻¹ de grãos. Contudo, devido à menor área plantada (71 mil hectares), a sua produção foi a quarta maior da região com 786,2 mil toneladas (CONAB, 2017a).

É importante destacar que a produtividade média da produção de milho em Sergipe cresceu significativamente nas duas últimas décadas (na safra 1996/97, era de apenas 916 kg ha⁻¹). Segundo Prata (2013), o aumento foi devido a um significativo avanço no padrão tecnológico de cultivo do milho, com destaque para os municípios de Carira, Frei Paulo, Nossa Senhora Aparecida, Pinhão, Pedra Mole e Simão Dias. Estas cidades estão localizadas no semiárido sergipano (territórios Agreste e Centro Sul do Estado), onde as precipitações médias no período de cultivo do milho (outono-inverno) são maiores que no Alto Sertão (CRUZ, 2009). Nesse sentido, os agricultores do Sertão de Sergipe, geralmente, reduzem os investimentos em tecnologia para o cultivo de sequeiro do milho, plantando grãos ao invés de sementes certificadas e aplicando pequenas quantidades de fertilizantes.

Em certas áreas do semiárido brasileiro (próximas a rios, em perímetros irrigados, abastecidas por poços amazonas e artesianos, açudes, entre outras), há disponibilidade de água para irrigação, podendo reduzir os riscos de déficit hídrico e, ainda, permitir a utilização

contínua da área cultivada e a oferta regular de produtos, possibilitando até quatro safras por ano de milho para espigas verdes ou silagem, a depender do volume hídrico disponível, sistema de sucessão e/ou rotação, ciclo das cultivares e fatores meteorológicos regionais.

O cultivo irrigado do milho verde se apresenta promissor, uma vez que tem maior valor em relação aos grãos secos (SANTOS, N. C. B. et al., 2015) e sua comercialização atende ao comércio popular de espigas (cozidas ou assadas) e comidas típicas (como curau, pamonha e bolos). A produção irrigada de silagem da parte aérea do milho garante a obtenção de um excelente alimento para dieta de ruminantes, devido ao alto rendimento de massa seca, elevador teor de energia, além de boa digestibilidade e palatabilidade (CRUZ, J. C. et al., 2001). Em relação aos grãos secos, o milho participa da composição de alimentos para consumo humano, de monogástricos e de ruminantes, podendo ser rentável quando há irrigação, desde que possa ser vendido a preços competitivos em relação aos grãos oriundos de grandes centros produtores.

O milho é uma planta C4, apresentando alta taxa fotossintética e de fixação de CO₂, respondendo com elevada produtividade ao aumento parcial da temperatura do ar (BERGAMASCHI; MATZENAUER, 2014; ZHOU et al., 2017). Para o seu adequado crescimento, a faixa de temperatura do ar considerada ótima situa-se entre 21 e 30 °C (MUCHOW, 1990). Mesmo com a demanda hídrica do milho sendo atendida via irrigação, a produtividade do milho para espigas verdes, silagem ou grãos secos pode ser afetada (GALINDO et al., 2017), principalmente em relação à temperatura média do ar em condições semiáridas, cujas máximas ultrapassam 35 °C.

O ciclo do milho varia consideravelmente com a época de plantio, ocorrendo uma dilatação do ciclo nos períodos correspondentes aos meses de menor temperatura média (PAIVA JÚNIOR et al., 2001; ROSA et al., 2016). Dessa forma, dependendo da região e da época de semeadura, as plantas ficarão expostas a diferentes temperaturas, provocando um encurtamento ou prolongamento do ciclo da cultura, pelo acúmulo de unidades de calor. Quando as plantas de milho ficam expostas a altas temperaturas durante a fase vegetativa, há maior acúmulo de unidades de calor, ocorrendo uma redução do ciclo e do potencial produtivo da cultura (CRUZ; PEREIRA FILHO, 2002; BRUNINI et al., 2006).

Nesse sentido, o conhecimento do desempenho produtivo do milho para espigas verdes, silagem e grãos secos em diferentes condições meteorológicas do semiárido é decisivo para o planejamento da produção e escalonamento de plantios sucessivos ou em rotação, principalmente em plantios irrigados.

2.2 FERTIRRIGAÇÃO NITROGENADA NO MILHO

Na maioria dos trabalhos sobre adubação nitrogenada no milho no Brasil, os fertilizantes foram distribuídos manualmente ou mecanicamente. Nas pesquisas com a cultura sob irrigação convencional ou localizada por gotejamento, a aplicação de fertilizantes via água (fertirrigação) poderia ser perfeitamente adaptada, desde que houvesse uniformidade na distribuição da água e, conseqüentemente, dos adubos solúveis (VIANA et al., 2004).

Devido a sua elevada mobilidade no solo e à grande exigência pelas plantas, o N tem sido o nutriente mais frequentemente usado na fertirrigação, através das seguintes fontes nitrogenadas: ureia, sulfato de amônio, nitrato de amônio e de potássio, fosfato monoamônico e diamônico. Na água, o ânion nitrato (NO_3^-) tem baixa interação química com os minerais do solo, movimentando-se livremente e disponibilizando rapidamente o elemento às plantas, ao mesmo tempo em que está sujeito à lixiviação para camadas mais profundas, com potencial de danos ambientais (CANTARELLA, 2007). Por outro lado, o cátion amônio (NH_4^+) apresenta-se com movimentação limitada na solução, devido a sua adsorção aos colóides do solo.

A relação entre o íon NH_4^+ e a forma gasosa amônia (NH_3) no ambiente sofre a influência do pH do solo, em que, em solos alcalinos, qualquer fertilizante nitrogenado que contém N amoniacal, está sujeito a perdas de NH_3 por volatilização. Essas perdas são maiores com o uso da ureia (LARA CABEZAS; KORNDORFER; MOTTA, 1997), pois, quando aplicada ao solo, sofre hidrólise pela ação da enzima urease, reação que consome prótons (H^+) e eleva o pH ao redor das partículas (CANTARELLA, 2007). Apesar desses riscos, a ureia é o adubo nitrogenado com menor custo por quilograma de N (SOUZA; BUZETTI; MOREIRA, 2015), sendo, assim, a fonte mais utilizada e pesquisada na adubação convencional e na fertirrigação.

Em condições semiáridas, os riscos de perdas de N por volatilização de NH_3 são relativamente maiores que pela lixiviação de NO_3^- , pois alguns fatores edafoclimáticos e práticas culturais contribuem para tanto, como baixos teores de matéria orgânica, baixa umidade do solo (LIU; LI; ALVA, 2007), altas doses de N (MA et al., 2010; TASCA et al., 2011), alta temperatura (CLAY; MALZER; ANDERSON, 1990; TASCA et al., 2011) e valores elevados de pH (SENGIK et al., 2001; TASCA et al., 2011).

Neste sentido, o uso de adubos nitrogenados na fertirrigação para manejo nutricional do milho, sobretudo quando a irrigação é localizada e por gotejamento, pode reduzir os custos com fertilizantes e mão de obra, facilitar o parcelamento e diminuir as perdas de N por volatilização de NH_3 e lixiviação de NO_3^- .

2.2.1 Milho verde

Nas últimas duas décadas, a produtividade do milho verde tem aumentado continuamente em consequência do uso de híbridos com maior potencial de colheita (melhoramento genético), associado a melhores práticas culturais, como o aumento na utilização de fertilizantes minerais (principalmente nitrogenados) e emprego da irrigação.

Em relação aos nutrientes demandados pelo milho verde, o N é um dos mais importantes (MENESES, 2014; MOREIRA, 2015), pois a cultura tem elevado significativamente a produtividade em função de doses crescentes de adubos nitrogenados. Nas Recomendações de Adubação para o Estado de Pernambuco, Tabosa et al. (2008) sugerem doses de N de 20 kg ha⁻¹ no plantio e 40 kg ha⁻¹ em cobertura para produção de milho verde ou para silagem. No Manual de Recomendação para o Uso de Corretivos e Fertilizantes em Minas Gerais, Freire et al. (1999) recomendam o emprego de 20 a 30 kg ha⁻¹ de N no plantio e 100 a 140 kg ha⁻¹ de N em cobertura (dois a três parcelamentos), a depender da colheita ou não do restante da palhada. Essa diferença entre as recomendações provavelmente decorre do menor ciclo cultural e potencial produtivo do milho em Pernambuco, em função de que suas temperaturas médias do ar geralmente são superiores a Minas Gerais.

Muitos estudos demonstraram a influência benéfica de doses de N na produtividade de espigas verdes, nas variadas condições ambientais do Brasil e do mundo. Em Sete Lagoas-MG, Monteiro, M. A. R. et al. (1989) encontraram maior produção comercial de milho verde irrigado (14.194,00 kg ha⁻¹) quando aplicaram 160 kg ha⁻¹ de N, na forma de ureia. No mesmo Estado e com igual fonte nitrogenada, Freire et al. (2010) estimaram, a partir de equações quadráticas, máximas produtividades comerciais de 13.520,00 kg ha⁻¹ com a dose de 157 kg ha⁻¹ de N (primeiro ano) e de 14.860,00 kg ha⁻¹ com a dose de 177 kg ha⁻¹ de N (segundo ano).

Em Mossoró-RN, Silva, P. S. L. et al. (2000) também obtiveram resposta quadrática da massa de espigas comercializáveis (11.658,55 kg ha⁻¹) na dose ótima de 151 kg ha⁻¹ de N na forma de sulfato de amônio e utilizando a variedade Centralmex em cultivo irrigado. Em condições semelhantes, porém semeando o híbrido AG 1051, Silva, P. S. L. et al. (2013) relataram efeitos positivos da adubação nitrogenada sobre as características do milho verde irrigado, alcançando 15.020,00 kg ha⁻¹ de massa comercial na dose máxima de 160 kg ha⁻¹ de N.

Na cidade de Areia, agreste da Paraíba, Dantas et al. (2014) verificaram aumento linear na produtividade de espigas até 200 kg ha⁻¹ de N, atingindo produtividades comerciais de 15.620,90 kg ha⁻¹ (sulfato de amônio) e 16.793,5 kg ha⁻¹ (ureia) em milho verde irrigado. Em

Chapadão do Sul-MS, no cultivo irrigado de inverno/primavera do milho doce, Souza et al. (2015) observaram que a adubação nitrogenada (0-300 kg ha⁻¹ de N) não afetou a produtividade de espigas, enquanto, no verão/outono, a dose que maximizou a produtividade (20.400,00 kg ha⁻¹) foi de 300 kg ha⁻¹ de N (ureia).

Em todos os trabalhos acima citados, os adubos foram distribuídos manualmente na linha de plantio, apesar do uso da irrigação. Na literatura brasileira, são poucas as pesquisas sobre a fertirrigação no manejo da adubação do milho verde. Nos Estados Unidos, além da eficiência de uso do N pelo milho, os estudos normalmente se preocupam com as perdas do nutriente por lixiviação de NO₃⁻, devido aos riscos de contaminação do lençol freático.

Em solos arenosos cultivados com milho doce sob fertirrigação na Flórida (EUA), He et al. (2012) recomendaram, através de modelagem, irrigações mais frequentes (lâminas de 5,0 mm a 7,5 mm), dose de 168 kg ha⁻¹ de N, adubações nos estágios de desenvolvimento vegetativo (1/4 ou 1/3 da dose) e das espigas (3/4 ou 2/3 da dose), além de utilizar uma taxa de aplicação entre 30 e 40 kg ha⁻¹ de N por fertirrigação. No Estado de Wisconsin (EUA), Yuan, Ruark e Bland (2017) obtiveram melhores produtividades de milho doce com aplicação de 75 a 105 kg ha⁻¹ de N, parceladas aos 20 e 36 dias após o plantio (DAP).

2.2.2 Silagem

Com o comércio de silagem de milho em ascensão, os agricultores do semiárido nordestino têm investido no uso da irrigação por gotejamento e emprego de fertilizantes solúveis via fertirrigação, entretanto, informações sobre o manejo deste tipo de adubação no cultivo do milho para silagem são escassas na literatura (GHEYSARI et al., 2009a; ABBASI et al., 2011).

Dentre os nutrientes exportados pela parte aérea do milho para silagem, o N é o mais significativo, atingindo acúmulo na matéria seca de 284,92 kg ha⁻¹ aos 102 DAP (VON PINHO et al., 2009). No Manual de Recomendação para o Uso de Corretivos e Fertilizantes em Minas Gerais, Alves et al. (1999) recomendam aplicação de 10 a 20 kg ha⁻¹ de N no plantio e de 80 a 180 kg ha⁻¹ de N em cobertura (com seis a dez folhas), de acordo com a produtividade esperada de massa verde (de 30 a mais de 50 t ha⁻¹). Para o Rio Grande do Sul e Santa Catarina, a adubação nitrogenada do milho para silagem deve ser entre 30 e 90 kg ha⁻¹ de N no plantio em função do teor de matéria orgânica do solo e da cultura antecedente, recomendando aplicar entre 10 e 30 kg ha⁻¹ de N na semeadura e o restante quando as plantas estão com quatro a oito folhas (SBCS/CQFS, 2004). Para expectativa de produtividades maiores que 12 t ha⁻¹ de massa seca,

a SBCS/CQFS (2004) orienta ainda acrescentar 20 kg ha⁻¹ de N por tonelada adicional de massa seca.

Doses crescentes de N influenciam positivamente a produtividade e qualidade dessa forrageira (ISLAM; GARCIA; HORADAGODA, 2012; FALLAH; NEISANI, 2017). A falta de conhecimento acarreta a aplicação de doses baixas ou elevadas de N, promovendo efeitos adversos sobre a produtividade da cultura, sendo fundamental o bom manejo do nutriente, de forma a evitar perdas (GHEYSARI et al., 2009b; WANG; LI; LI, 2014). Assim, o emprego de dose nitrogenada de acordo com a necessidade da cultura do milho pode melhorar sua eficiência de utilização (CERNÝ et al., 2012) e reduzir custos com o fertilizante nitrogenado (NEUMANN et al., 2005).

Em Guarapuava-PR, Neumann et al. (2005) constataram efeito linear de doses entre 0 e 135 kg ha⁻¹ de N, usando ureia em cobertura no milho para silagem, em que para cada kg de N houve um aumento de 112,96 kg ha⁻¹ na massa verde e 58,95 kg ha⁻¹ na massa seca, assim como incremento significativo na participação dos grãos na silagem. Na cidade de Praga, República Tcheca, Cerný et al. (2012) recomendaram doses entre 60 e 120 kg ha⁻¹ de N para melhor eficiência de uso do nutriente pelo milho destinado à silagem.

A determinação de dose ideal de N também pode estar relacionada com a temperatura do ar da localidade onde foi realizado o experimento. Avaliando o efeito de níveis de N (0 a 240 kg ha⁻¹) na produtividade do milho para silagem em Dois Vizinhos-PR, Menezes et al. (2013) obtiveram resposta linear positiva para produção de massa seca (19,98 t ha⁻¹). Por outro lado, no semiárido da Turquia, Gül et al. (2008) obtiveram máxima produtividade de massa seca do milho (15.441,00 kg ha⁻¹) com 200 kg ha⁻¹ de N, apesar de também avaliar doses até 240 kg ha⁻¹ de N. Provavelmente, no Paraná, as temperaturas amenas (entre 19,05 e 25,15 °C) reduziram perdas por volatilização de NH₃ a partir da ureia, enquanto, na Turquia, as temperaturas mais elevadas (24,8 a 31 °C) tornaram inferior a produtividade do milho na maior dose estudada.

Semelhante às pesquisas com adubação nitrogenada no milho verde, geralmente, o estudo de doses crescentes de N no milho para silagem envolve aplicação convencional de adubos sólidos e, quando utilizam a técnica da fertirrigação, há maior preocupação com a lixiviação de NO₃⁻ do que com a volatilização de NH₃. Em Teerã, no Irã, Gheysari et al. (2009b) verificaram que as perdas de N-ureia por lixiviação foram intensificadas com o aumento das doses de N via fertirrigação e das lâminas de água.

Sendo assim, é possível obter silagem de milho com produtividade superior com acréscimo nos níveis de N, porém, as produtividades e as doses ótimas variam bastante com o

ambiente de cultivo de cada localidade (nível tecnológico, cultivares, solos, meteorologia, entre outros fatores), tornando-se necessária a avaliação da resposta do milho para silagem sob diferentes doses de N via fertirrigação e plantio em períodos com condições meteorológicas distintas no semiárido brasileiro.

2.2.3 Grãos secos

A irregularidade climática na maior parte das áreas do semiárido brasileiro reduz severamente a produtividade de grãos de milho em sequeiro, ao passo que os riscos de déficit hídrico no decorrer do ciclo da cultura desestimulam os agricultores a investirem em quantidades elevadas de adubos para suas lavouras. Porém, quando é possível o cultivo irrigado da cultura, a adubação nitrogenada se torna uma das principais práticas culturais para maximizar a produção.

De acordo com Von Pinho et al. (2009), o N é o nutriente exportado em maior quantidade com a colheita dos grãos de milho ($14.669,54 \text{ kg ha}^{-1}$), atingindo $22,30 \text{ kg de N por tonelada de grãos produzidos}$. Este valor foi maior que o encontrado por Coelho et al. (1992), cujo acúmulo máximo de N nos grãos foi da ordem de $15,25 \text{ kg de N por tonelada de grãos}$ (produtividade média de $7.093,00 \text{ kg ha}^{-1}$). Em ambos os trabalhos, foram aplicados 250 kg ha^{-1} de N, indicando eficiência de recuperação significativamente maior para o híbrido utilizado por Von Pinho et al. (2009), talvez devido às diferenças nos genótipos, nas fontes de N ou na fertilidade natural do solo.

Em relação às recomendações oficiais de adubação para a cultura do milho, Cantarella e Duarte (2004) destacam que estas evoluíram sensivelmente no Brasil na década de 1990, acompanhando os dados de pesquisa mais recentes e a melhoria geral nas condições de cultivo, que incluem novos híbridos e melhores práticas culturais. Para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, recomenda-se adubação nitrogenada semelhante à cultura do milho para silagem, porém, para expectativa de produtividade maior que $4.000,00 \text{ kg ha}^{-1}$, deve-se acrescentar 15 kg ha^{-1} de N por tonelada adicional de grãos a serem produzidos (SBCS/CQFS, 2004).

Em Minas Gerais, a recomendação é de 10 a 20 kg ha^{-1} de N no plantio e de 60 a 140 kg ha^{-1} de N em cobertura, para produtividades esperadas de $4.000,00$ a mais de $8.000,00 \text{ kg ha}^{-1}$ de grãos (ALVES et al., 1999). No Estado de São Paulo, Raij e Cantarella (1997) sugeriram de 20 a 30 kg ha^{-1} de N (plantio) e 20 a 140 kg ha^{-1} de N (cobertura), de acordo com as classes de resposta ao N, as quais são baseadas em histórico da gleba, cultura

anterior, entre outras informações, a fim de prever empiricamente a contribuição do N do solo e levar em conta alguns aspectos do manejo da adubação. Sousa e Lobato (2004) também recomendaram de 20 a 30 kg ha⁻¹ de N no plantio, porém, a adubação de cobertura pode chegar a 180 kg ha⁻¹ de N (12.000,00 kg ha⁻¹ de expectativa).

Para milho irrigado em Pernambuco, Lopes, Faria e Pereira (2008) indicaram 30 e 60 kg ha⁻¹ de N para adubação de plantio e cobertura, respectivamente, considerando expectativa de produtividade de 4.500,00 kg ha⁻¹ de grãos. Em Sergipe, a recomendação de adubação para a cultura varia em função da região produtora do Estado e nível tecnológico (pequeno e grande produtor). Na região Agreste, para pequeno (4.500,00 a 6.000,00 kg ha⁻¹) e grande produtor (7.000,00 a 9.000,00 kg ha⁻¹), há sugestão de 30 kg ha⁻¹ de N aplicados no plantio e 70 kg ha⁻¹ de N em cobertura, enquanto, no Sertão, o pequeno produtor (4.000,00 kg ha⁻¹) deveria utilizar 60 kg ha⁻¹ de N (metade no plantio e o restante em cobertura) em virtude do maior risco de frustração da safra por falta de chuvas (SOBRAL et al., 2007).

As pesquisas sobre doses crescentes de N ressaltam que há influência positiva nas produtividades de grãos obtidas, entretanto, as recomendações de aplicação são as mais variadas possíveis, em consequência das particularidades de cada experimento. As doses ótimas variaram de 90-120 kg ha⁻¹ (LUCENA et al., 2000; FERNANDES, F. C. S. et al., 2005; SOUZA; SORATTO, 2006; CRUZ, S. C. S. et al., 2008; FARINELLI; LEMOS, 2010; MELO; CORÁ; CARDOSO, 2011; VALDERRAMA et al., 2011); 150-190 kg ha⁻¹ (COELHO et al., 1992; FERNANDES, L. A. et al., 1999; AMARAL FILHO et al., 2005; VELOSO et al., 2006; GOMES et al., 2007; DUETE et al., 2008; FARINELLI; LEMOS, 2012; VILELA et al., 2012; LYRA et al., 2014) e 200-240 kg ha⁻¹ (FERREIRA et al., 2001; ARAÚJO; FERREIRA; CRUZ, 2004; OLIVEIRA et al., 2016).

Em cultivo irrigado no semiárido do Rio Grande do Norte, Silva, G. F. et al. (2014) tiveram máxima produtividade estimada de grãos (7.480,00 kg ha⁻¹) na dose recomendada de 88 kg ha⁻¹ de N, enquanto Silva, P. S. L. et al. (2010, 2015) e Monteiro, A. L. et al. (2016) alcançaram produtividades médias de grãos de 5.094,00; 6.264,00 e 6.332,00 kg ha⁻¹, respectivamente, com a dose de 120 kg ha⁻¹ de N.

Quanto à fertirrigação nitrogenada do milho para grãos secos, Lamm et al. (2001) constataram que a dose ideal de N seria de 260 kg ha⁻¹ e que níveis maiores de adubo associados ao aumento das lâminas de água promoveram maior lixiviação de nitrato no perfil do solo e reduziram a produtividade. Esses dados corroboram com Abbasi et al. (2011), que, por sua vez, sugeriram que a aplicação dos adubos na fertirrigação nos últimos 20 minutos da irrigação evitam perdas de N.

2.2.4 Viabilidade econômica

Em algumas áreas, os agricultores do semiárido nordestino têm cultivado o milho com irrigação, visando, principalmente, à comercialização de espigas verdes e silagem ao longo do ano. Entretanto, o cultivo irrigado do milho para grãos secos na região tem questionamentos quanto aos custos e competitividade de preço frente ao produto oriundo de regiões de sequeiro com melhor regularidade climática.

As produções irrigadas de milho verde, silagem e grãos secos no período de entressafra podem alcançar elevadas produtividades e promoverem maior rentabilidade do investimento, pois a demanda por esses produtos é muito maior que a oferta, elevando seus preços (SILVA, J. et al., 2004). Associada à irrigação, a adubação nitrogenada desempenha papel de suma importância no incremento de produtividade do milho, porém as doses para máxima produtividade dos produtos geralmente diferem daquelas consideradas econômicas, uma vez que estão sujeitas aos preços do nutriente e demais custos de produção.

Para milho verde, Freire et al. (2010) verificaram que, à medida que os preços de N decrescem e os das espigas aumentam, maiores quantidades do adubo nitrogenado podem ser recomendadas. Na produção de silagem de milho, vários trabalhos destacam que os maiores gastos na lavoura são com fertilizantes, recomendando a busca por estratégias para reduzir os custos com esses insumos (TUVANÇ; DAĞDEMİR, 2009; DANIEL; ZOPOLLATTO; NUSSIO, 2011; YILDIZ, 2016; RABELO; SOUZA; OLIVEIRA, 2017; SANTOS; MORAES; NUSSIO, 2017). Neumann et al. (2005), por exemplo, observaram maior produtividade de massa seca da parte aérea do milho na dose de 135 kg ha⁻¹ de N; porém, ao avaliar os custos de produção, constataram que a aplicação de 81,40 kg ha⁻¹ de N teria melhor custo/benefício.

No caso dos grãos secos, Duete et al. (2009), avaliando a viabilidade econômica de doses e parcelamentos de N na cultura do milho, encontraram que o uso de 135 kg ha⁻¹ de N, parcelado em três vezes, proporcionou maior relação custo/benefício em relação à dose de 175 kg ha⁻¹ de N (tratamento com produtividade de grãos superior). No mesmo sentido, Galindo et al. (2017) tiveram maior retorno econômico na dose de 100 kg ha⁻¹ de N, apesar do nível dobrado de N ter obtido melhor desempenho produtivo. Diversas pesquisas também demonstraram a identificação de doses econômicas inferiores àquelas recomendadas para máxima produtividade física de grãos (SILVA; BUZZETTI; LAZARINI, 2005; PAVINATO et al., 2008; SOUZA et al., 2012; KANEKO et al., 2015; SOUZA; BUZZETTI; MOREIRA, 2015).

Assim, estudos para avaliar o efeito da adubação nitrogenada na produção comercial do milho e que permitam elaborar recomendações econômicas de N para a cultura fazem-se necessários, principalmente ao observar os custos de produção e preços de venda locais, pois a maior parte do milho cultivado no Nordeste é consumida nos arredores da região produtora.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

Os experimentos foram conduzidos em campo e em duas safras agrícolas, uma no verão (janeiro a maio) e outra no inverno (junho a outubro) de 2016, em propriedade localizada dentro de perímetro irrigado abastecido com águas do Rio São Francisco, no município de Canindé de São Francisco-SE, semiárido brasileiro (9°40'27"S, 37°45'45"W, 194 m de altitude). O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é Bssh', muito quente, semiárido, tipo estepes, com estação chuvosa centrada nos meses de abril, maio e junho (SOUSA et al., 2010). Os dados meteorológicos médios do período de realização dos experimentos foram obtidos a partir de estação meteorológica automática instalada a seis quilômetros da área do experimento (Figura 1).

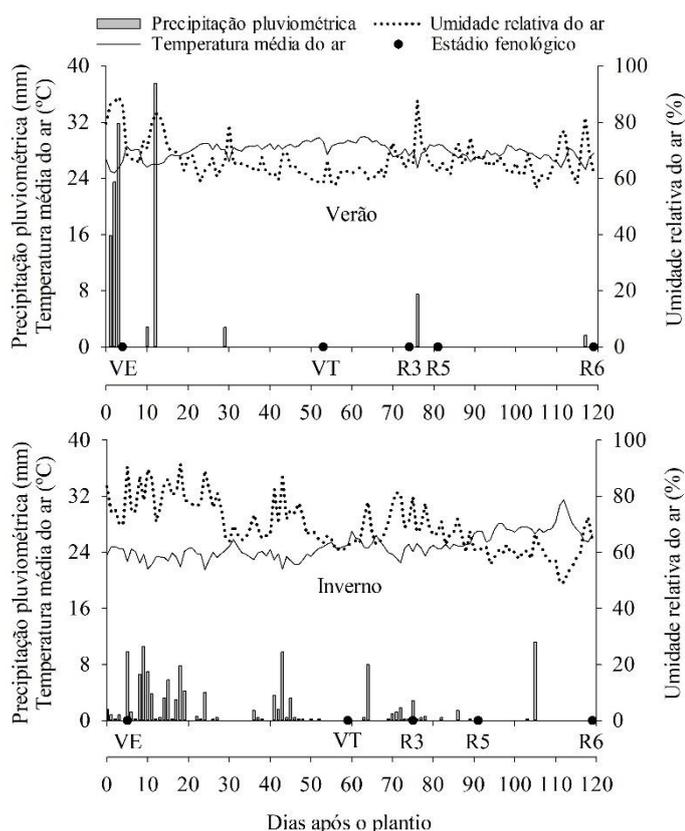


Figura 1 – Valores de precipitação pluviométrica acumulada, temperatura média do ar, umidade relativa do ar e indicação dos estádios fenológicos (VE: emergência; VT: pendoamento; R3: grãos leitosos; R5: grãos farináceos; R6: maturidade fisiológica) do milho fertirrigado com doses de nitrogênio, nas safras de verão e inverno de 2016, em Canindé de São Francisco-SE, semiárido brasileiro. Mossoró-RN, UFERSA, 2018.

O solo das áreas experimentais foi classificado como Luvisolo Crômico (SANTOS, H. G. et al., 2013), de topografia ondulada e textura argilosa – valores granulométricos de 478,20 g kg⁻¹ de areia, 98,00 g kg⁻¹ de silte e 423,80 g kg⁻¹ de argila (DONAGEMA et al., 2011), com características químicas (SILVA, 2009) descritas na Tabela 1.

Tabela 1 – Análises químicas do solo das áreas experimentais do milho (profundidade de 0 a 20 cm), nas safras de verão e inverno de 2016, em Canindé de São Francisco-SE, semiárido brasileiro. Mossoró-RN, UFRSA, 2018.

	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	Al ³⁺	H+Al
Safra	mg dm ⁻³	-----cmol _c dm ⁻³ -----					
Verão	24,00	0,37	16,30	10,10	0,12	0,00	3,20
Inverno	26,00	0,43	18,60	8,20	0,27	0,00	0,00
	pH	CE*	MO*	Cu	Fe	Mn	Zn
Safra	H ₂ O	dS m ⁻¹	g kg ⁻¹	-----mg dm ⁻³ -----			
Verão	6,60	0,34	25,80	0,10	42,90	76,60	2,00
Inverno	7,10	0,57	34,70	0,60	41,80	103,00	2,50

*CE = condutividade elétrica; MO = matéria orgânica. P, K⁺ e Na⁺: Mehlich (HCl+H₂SO₄); Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺: KCl 1M.

3.2 DELINEAMENTO, TRATAMENTOS E UNIDADE EXPERIMENTAL

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições. Em ambas as safras agrícolas, os tratamentos consistiram em quatro doses de N (0; 80; 160 e 240 kg ha⁻¹). Estas foram parceladas, aplicando-se 15% da dose de N aos 15 dias após a emergência (DAE), 50% aos 20 DAE e 35% aos 40 DAE, através de um injetor de fertilizantes do tipo Venturi. Dose de zinco (2,0 kg ha⁻¹) foi aplicada via fertirrigação para todos os tratamentos (SOBRAL et al., 2007), nas mesmas proporções e épocas de aplicação de N. As doses de N e Zn foram fornecidas por meio dos fertilizantes ureia e sulfato de zinco, respectivamente.

Cada parcela foi constituída por seis linhas de 6,0 m de comprimento, espaçadas a 1,0 m entre si, totalizando uma área de 36,0 m² (6,0 m x 6,0 m). As quatro linhas centrais, descartando-se uma planta em cada extremidade, foram consideradas área útil da parcela (22,4 m²). Cada linha da área útil correspondeu à colheita de um produto (espigas verdes, silagem e grãos secos), além do uso de uma linha para a coleta da folha diagnóstica.

3.3 INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DOS EXPERIMENTOS

O preparo do solo foi realizado com duas gradagens cruzadas a uma profundidade média de 20 cm. Em seguida, as parcelas foram demarcadas e a semeadura foi realizada de forma manual com o milho Bt Feroz (Syngenta®) no espaçamento de 1,0 m x 0,2 m (50 mil plantas ha⁻¹), com plantios efetuados nos dias 20/01/2016 (verão) e 17/06/2016 (inverno). Essa cultivar é um híbrido duplo, de ciclo precoce, com grãos duros e alaranjados.

O experimento contou com um sistema de irrigação localizada por gotejamento, com espaçamento de 0,2 m entre emissores e vazão média de 1,2 L h⁻¹, sendo a lâmina de água obtida pelo balanço hídrico, considerando-se a precipitação e a evapotranspiração da cultura (ETc) (SANTOS, W. O. et al., 2014). Na produção de milho verde, as lâminas brutas de irrigação somaram 204 e 107 mm nas safras de verão e inverno, respectivamente. Para silagem, as lâminas brutas totais foram 233 mm (verão) e 149 mm (inverno). Por fim, no cultivo do milho para grãos secos foram aplicados 254 mm (verão) e 179 mm (inverno) via irrigação.

Os tratos culturais adotados durante a condução dos experimentos seguiram os padrões utilizados pelos produtores da região. O controle de plantas daninhas foi realizado por meio da aplicação do herbicida Atrazina (500 g L⁻¹), aplicado aos 23 DAE.

3.4 VARIÁVEIS AGRONÔMICAS

3.4.1 Milho verde

Aos 49 DAE (verão) e 54 DAE (inverno), por ocasião do aparecimento da inflorescência feminina (embonecamento), foi coletado, aleatoriamente em 10 plantas da área útil de cada parcela, o terço basal da folha oposta e abaixo da primeira espiga, excluindo-se a nervura central (MALAVOLTA, 2006), para determinação do teor de N na folha diagnóstica (SILVA, 2009).

As colheitas foram realizadas no estágio fenológico R3, que correspondeu a 66 DAE (verão) e 70 DAE (inverno), ou seja, quando os grãos apresentavam teor de umidade entre 70 e 80%. O número (unidade) e a massa (kg) de espigas verdes de milho foram avaliados em 28 plantas presentes na área útil de cada parcela, estimando-se os valores por hectare. As espigas comercializáveis empalhadas foram consideradas aquelas com aparência adequada à comercialização, isto é, sem evidências aparentes do ataque de pragas e com comprimento superior a 19 cm (PAIVA et al., 2012).

3.4.2 Silagem

As colheitas foram realizadas no estágio fenológico R5 (grãos farináceos), que correspondeu a 77 DAE (verão) e 86 DAE (inverno), ou seja, quando as plantas apresentavam teor médio de massa seca entre 35 e 40%. A produtividade de massa fresca de milho ($t\ ha^{-1}$) foi estimada a partir da massa verde de 28 plantas presentes na área útil de cada parcela. A produtividade de massa seca ($t\ ha^{-1}$) foi determinada após secagem de três dessas plantas em estufa de circulação forçada de ar, com temperatura regulada a 65 °C, até atingir massa constante.

3.4.3 Grãos secos

Para o milho seco, foi feita uma única colheita aos 119 DAP, em ambas as safras agrícolas. O diâmetro do colmo, a altura da planta e a altura de inserção da espiga foram medidos em 10 plantas da área útil da parcela. O diâmetro do colmo (mm) foi determinado no primeiro nó da planta, a aproximadamente 10 cm do nível do solo, utilizando paquímetro digital. Como altura da planta (cm), considerou-se a distância do nível do solo ao ponto de inserção da lâmina foliar mais alta. A altura de inserção da espiga (cm) foi medida do nível do solo ao nó de inserção da espiga mais elevada. A massa de 100 grãos (g) e a produtividade de grãos ($kg\ ha^{-1}$) foram estimadas a partir das espigas colhidas em 28 plantas da área útil e os valores corrigidos para um teor de umidade de 13% (base úmida).

3.5 VARIÁVEIS ECONÔMICAS

Indicadores econômicos foram usados para avaliar a eficiência dos tratamentos. Estimaram-se os custos totais de produção de um hectare de milho (verde, silagem e grãos secos) em função das doses de N e das safras agrícolas, os quais foram calculados e analisados ao final de cada processo produtivo, adaptando-se metodologia proposta pela Conab (2010).

Os gastos considerados na análise contemplaram custos variáveis – despesas de custeio da lavoura (aluguel de máquinas, mão de obra, sementes, fertilizantes, agrotóxicos e outras), despesas administrativas, assistência técnica, imposto territorial rural (ITR), despesas financeiras (juros do financiamento); custos fixos – depreciação e manutenção periódica de benfeitorias/instalações; e renda de fatores – remuneração esperada sobre o capital fixo e arrendamento.

As despesas administrativas e a assistência técnica corresponderam, respectivamente, aos percentuais de 3 e 2% sobre o total do custeio da lavoura. Considerou-se o mínimo a ser pago de ITR em um ano agrícola (R\$ 10,00), utilizando a Equação 1:

$$\text{ITR (R\$ ha}^{-1}\text{)} = \text{Valor do ITR (R\$)} \times \left(\frac{\text{Ciclo da cultura (dias)}}{365 \text{ dias}} \right) \quad (1)$$

Os juros do financiamento foram aqueles incidentes sobre os recursos necessários ao custeio da lavoura, computados a partir das respectivas épocas de liberação ou de utilização, considerando o crédito que o agricultor obteve com recursos do crédito rural oficial para financiamento da lavoura (taxa de 7,49% ano⁻¹), calculado conforme Equação 2:

$$\text{Juros (R\$ ha}^{-1}\text{)} = \text{Valor do custeio (R\$ ha}^{-1}\text{)} \times \left(\frac{\text{Ciclo da cultura (dias)}}{365 \text{ dias}} \right) \times 7,49\% \quad (2)$$

Para calcular a depreciação das benfeitorias/instalações, dimensionou-se um sistema de irrigação para um hectare de milho, sendo necessários 10 mil metros de fitas gotejadoras de polietileno de baixa densidade, com emissores espaçados em 0,20 m e diâmetro nominal de 16 mm (valor do bem novo = R\$ 0,27 m⁻¹), além de tubos e conexões em PVC (valor do bem novo = R\$ 3.952,80). A vida útil da fita gotejadora de polietileno de baixa densidade seria de dois anos e dos tubos e conexões de dezesseis anos (CUNHA et al., 2012). Dessa forma, a depreciação do sistema de irrigação foi mensurada pela Equação 3:

$$\text{Depreciação (R\$ ha}^{-1}\text{)} = \left(\frac{\text{Valor do bem novo (R\$ ha}^{-1}\text{)}}{\text{Vida útil do bem (dias)}} \right) \times \text{Ciclo da cultura (dias)} \quad (3)$$

A manutenção periódica de benfeitorias/instalações (sistema de irrigação) é uma prática essencial para se manter um bem em bom estado de uso e nas melhores condições para prolongamento da sua vida útil. A Conab (2010) recomenda o emprego da Equação 4, com taxa de manutenção definida em 1%:

$$\text{Manutenção (R\$ ha}^{-1}\text{)} = \text{Valor do bem novo (R\$ ha}^{-1}\text{)} \times \left(\frac{\text{Ciclo da cultura (dias)}}{365 \text{ dias}} \right) \times 1\% \quad (4)$$

A remuneração esperada do capital fixo imobilizado pelo produtor é outro fator de composição do custo fixo da produção. A Conab (2010) entende que o investimento do produtor deve ser remunerado e utiliza o percentual de 6% ao ano como a taxa de retorno, como se o capital fosse aplicado em outro investimento alternativo (Equação 5):

$$\text{Remuneração (R\$ ha}^{-1}\text{)} = \text{Valor do bem novo (R\$ ha}^{-1}\text{)} \times \left(\frac{\text{Ciclo da cultura (dias)}}{365 \text{ dias}} \right) \times 6\% \quad (5)$$

A terra é um dos fatores de produção e para efeito de cálculo do custo, considerou-se o valor do arrendamento praticado na região na época da pesquisa (R\$ 3.000,00 ha⁻¹ ano⁻¹), conforme Equação 6:

$$\text{Arrendamento (R\$ ha}^{-1}\text{)} = \text{Valor do arrendamento (R\$ ha}^{-1}\text{)} \times \left(\frac{\text{Ciclo da cultura (dias)}}{365 \text{ dias}} \right) \quad (6)$$

A renda bruta (RB) foi mensurada através do valor das espigas comercializáveis por hectare no momento da colheita, ou seja, nos dias 30 de março e 31 de agosto de 2016 (R\$ 0,40 espiga⁻¹, em ambas as safras). Para calcular a RB da silagem do milho, considerou-se o valor da forragem nos meses de abril (R\$ 350,00 por tonelada) e setembro de 2016 (R\$ 400,00 por tonelada), multiplicado pela produtividade de massa fresca da parcela correspondente (não foram registradas as eventuais perdas ocorridas durante os processos de colheita, armazenamento e retirada do material ensilado). A RB dos grãos secos equivaleu ao produto do valor da saca de 60 kg (R\$ 66,00, em ambas as safras) pela produtividade de grãos.

A renda líquida (RL) foi calculada através da diferença entre a renda bruta (RB) e os custos totais (CT) envolvidos na obtenção das espigas, silagem ou grãos secos. A taxa de retorno (TR) foi determinada a partir da relação entre a RB e os CT, sendo correspondente ao capital obtido para cada real aplicado no cultivo do milho. O índice de lucratividade (IL) consistiu na relação entre a RL e a RB, sendo expresso em porcentagem.

3.6 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Para cada safra agrícola (verão e inverno), foram feitas as análises de variância das características através do aplicativo Sisvar, versão 5.6 (FERREIRA, 2011). Posteriormente, análise conjunta foi realizada para as características com homogeneidade de variâncias entre as safras (PIMENTEL-GOMES, 2009).

As análises de regressão foram feitas com o aplicativo *Table Curve 2D*, versão 5.1, criado por Jandel Scientific (1992). As equações de regressão para as doses de N foram escolhidas com base nos seguintes critérios: explicação biológica do fenômeno, simplicidade da equação e teste dos parâmetros da equação pelo teste t de Student, a 5% de probabilidade. As médias das safras agrícolas foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 MILHO VERDE

4.1.1 Variáveis agronômicas

As análises conjuntas dos dados de milho verde estão apresentadas na Tabela 2. Foram observados efeitos isolados das doses de N e das safras para as características de teor de N na folha diagnóstica e número total de espigas (Tabela 2). Para estas variáveis, houve aumentos em relação às doses de N, até os valores máximos estimados de 29,4 g kg⁻¹ e 52.056,43 espigas ha⁻¹, quando as plantas de milho foram fertirrigadas com 173,58 e 187,88 kg ha⁻¹ de N, respectivamente, decrescendo os resultados, em seguida, até a maior dose avaliada (Figura 2).

Tabela 2 – Resumo da análise conjunta de variância (valores de F) para teor de nitrogênio na folha diagnóstica (FD), número total de espigas (NTE), massa total de espigas (MTE), número de espigas comercializáveis (NEC) e massa de espigas comercializáveis (MEC) na produção de milho verde fertirrigado com doses de nitrogênio em duas safras agrícolas no município de Canindé de São Francisco-SE, semiárido brasileiro. Mossoró-RN, UFERSA, 2018.

Causas de variação	GL	F				
		FD	NTE	MTE	NEC	MEC
Blocos (Safras)	6	0,91 ns	0,83 ns	0,92 ns	1,12 ns	1,11 ns
Doses	3	37,63**	4,97*	30,21**	17,84**	34,15**
Safras	1	54,85**	10,43**	151,05**	117,58**	278,53**
Doses x Safras	3	1,08 ns	0,29 ns	3,64*	3,66*	3,63*
CV (%)		6,03	8,60	8,51	8,76	9,27
Média geral		26,5	47.659,46	10.158,54	41.358,02	9.285,39
		g kg ⁻¹	espigas ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	espigas ha ⁻¹	kg ha ⁻¹

ns: não significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F; **: significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F e *: significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F; GL: graus de liberdade; CV: coeficiente de variação.

A redução no teor de N na folha diagnóstica e no número total de espigas na dose mais elevada (240 kg ha⁻¹) pode ter sido ocasionada pelo excesso de N no solo, reduzindo a eficácia de outros nutrientes e, conseqüentemente, diminuindo a produtividade da colheita. O resultado enfatiza a necessidade de ajustes nas recomendações de adubação para o mais próximo possível da quantidade requerida pelo milho. Além disso, a fertirrigação com alta dose de N em um solo

com pH acima de 6,5 possivelmente promoveu maior volatilização de NH_3 a partir da aplicação da ureia (MA et al., 2010; TASCIA et al., 2011).

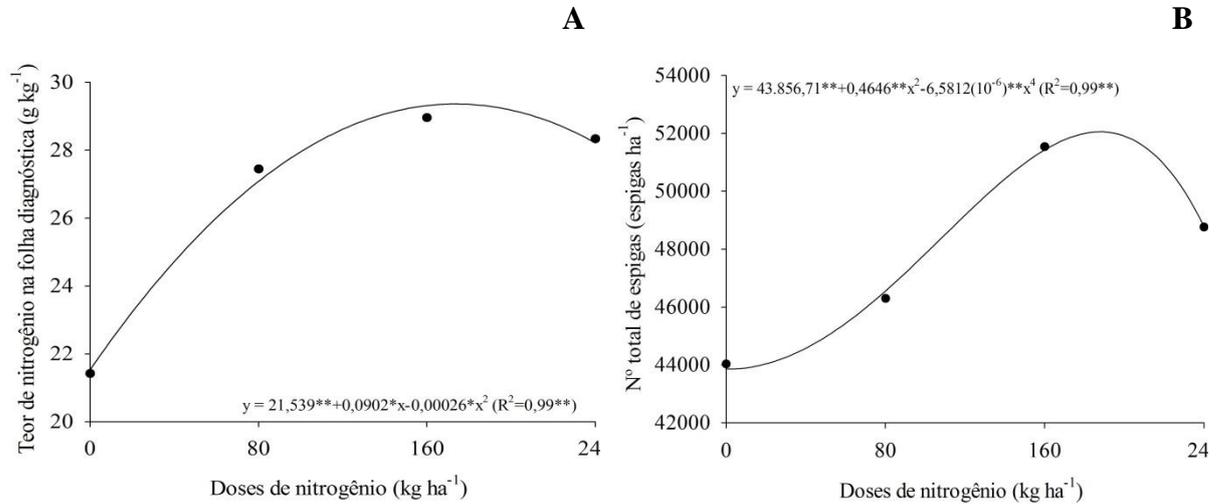


Figura 2 – Teor de nitrogênio na folha diagnóstica (A) e número total de espigas (B) na produção de milho verde fertirrigado com doses de nitrogênio em Canindé de São Francisco-SE, semiárido brasileiro. Mossoró-RN, UFERSA, 2018.

Para um bom desenvolvimento e produtividade do milho, o teor de N na folha diagnóstica deve estar entre 28 e 35 g kg^{-1} (MALAVOLTA, 2006). Dessa forma, utilizando o teor mínimo de N na folha diagnóstica sugerida por Malavolta (2006), estimar-se-ia, pela equação de regressão do presente trabalho, uma dose mínima de 103,50 kg ha^{-1} de N para atender as necessidades do nutriente pela cultura (Figura 2A). Essa dose mínima proporcionaria a produtividade total de 48.048,28 espigas ha^{-1} , correspondendo a 7,70% a menos que a dose indicada para máximo número total de espigas. Tal resultado indica que a busca por um maior teor de N na folha diagnóstica pode favorecer a produção total de espigas.

Corroborando com os resultados de número total de espigas, Silva, P. S. L. et al. (2000) também constataram efeito significativo da adubação nitrogenada nessa característica do milho verde, estimando máximo de 49.984,78 espigas ha^{-1} com a aplicação de 163 kg ha^{-1} de N na forma de sulfato de amônio. Paiva et al. (2012), Silva, P. S. L. et al. (2013) e Monteiro, A. L. et al. (2016) não observaram influência de doses de N no número total de espigas.

De acordo com a Tabela 3, observou-se que o cultivo do milho no inverno, com 28,6 g kg^{-1} e 49.999,99 espigas ha^{-1} , proporcionou resultados médios de teor de N na folha diagnóstica e número total de espigas superiores ao plantio de verão (24,5 g kg^{-1} e 45.318,93 espigas ha^{-1}). Na safra de verão, a alta temperatura e a baixa umidade (Figura 1) provavelmente contribuíram para maior volatilização de NH_3 proveniente da ureia (CLAY; MALZER;

ANDERSON, 1990; LIU; LI; ALVA, 2007; TASCA et al., 2011; SOUZA et al., 2015), com possíveis reflexos negativos nessas variáveis.

Tabela 3 – Valores médios de teor de nitrogênio (N) na folha diagnóstica e número total de espigas na produção de milho verde em duas safras agrícolas no município de Canindé de São Francisco-SE, semiárido brasileiro. Mossoró-RN, UFERSA, 2018.

Safra	Teor de N na folha diagnóstica (g kg ⁻¹)	Número total de espigas (espigas ha ⁻¹)
Verão	24,5 b ¹	45.318,93 b
Inverno	28,6 a	49.999,99 a

¹Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

A radiação solar global e a temperatura média do ar mais elevadas no verão podem ter contribuído para diminuição no teor de N e, conseqüentemente, na produção total de espigas de milho verde, uma vez que as condições meteorológicas do período reduziram o ciclo vegetativo da cultura para apenas 53 dias (plantio ao florescimento masculino), enquanto, no inverno, o pendoamento ocorreu aos 59 dias após a semeadura (Figura 1). O encurtamento ou prolongamento do ciclo do milho é influenciado pelo acúmulo de unidades de calor, em que altas temperaturas durante a fase vegetativa promovem redução do ciclo, com conseqüente queda no acúmulo de foto assimilados (CRUZ; PEREIRA FILHO, 2002; BRUNINI et al., 2006).

Em épocas de cultivo distintas no município de Lavras-MG, Paiva Júnior et al. (2001) avaliaram o número de dias para o florescimento masculino de variedades para produção de milho verde e também observaram que, na safrinha (outono-inverno), as cultivares apresentaram um atraso no pendoamento (79,90 dias) quando comparadas ao plantio de primavera-verão (62,32 dias). Corroborando com esses resultados, Rosa et al. (2016) também observaram que o ciclo do milho foi mais longo e a produtividade de espigas foi maior nos anos com temperaturas do ar mais baixas, enquanto altas temperaturas aceleraram o crescimento da cultura e reduziram a produtividade.

Para massa total de espigas, número e massa de espigas comercializáveis, ocorreu interação entre as doses de N e as safras avaliadas (Tabela 2). No verão, as doses de 132,26; 152,52 e 134,95 kg ha⁻¹ de N promoveram, respectivamente, valores máximos estimados de 10.391,80 kg ha⁻¹ (massa total de espigas), 41.183,84 espigas comercializáveis por hectare e 8.746,94 kg ha⁻¹ (massa de espigas comercializáveis), conforme observado na Figura 3.

A safra de inverno proporcionou ao milho verde aumentos na massa total de espigas (13.177,11 kg ha⁻¹), no número de espigas comercializáveis (53.291,25 espigas ha⁻¹) e na massa

de espigas comercializáveis (12.945,80 kg ha⁻¹) quando a cultura foi fertirrigada com doses ótimas de 167,09; 190,31 e 171,00 kg ha⁻¹ de N, respectivamente (Figura 3). Para todas as doses de N estudadas, a safra de inverno foi superior ao cultivo de verão do milho verde (Tabela 4).

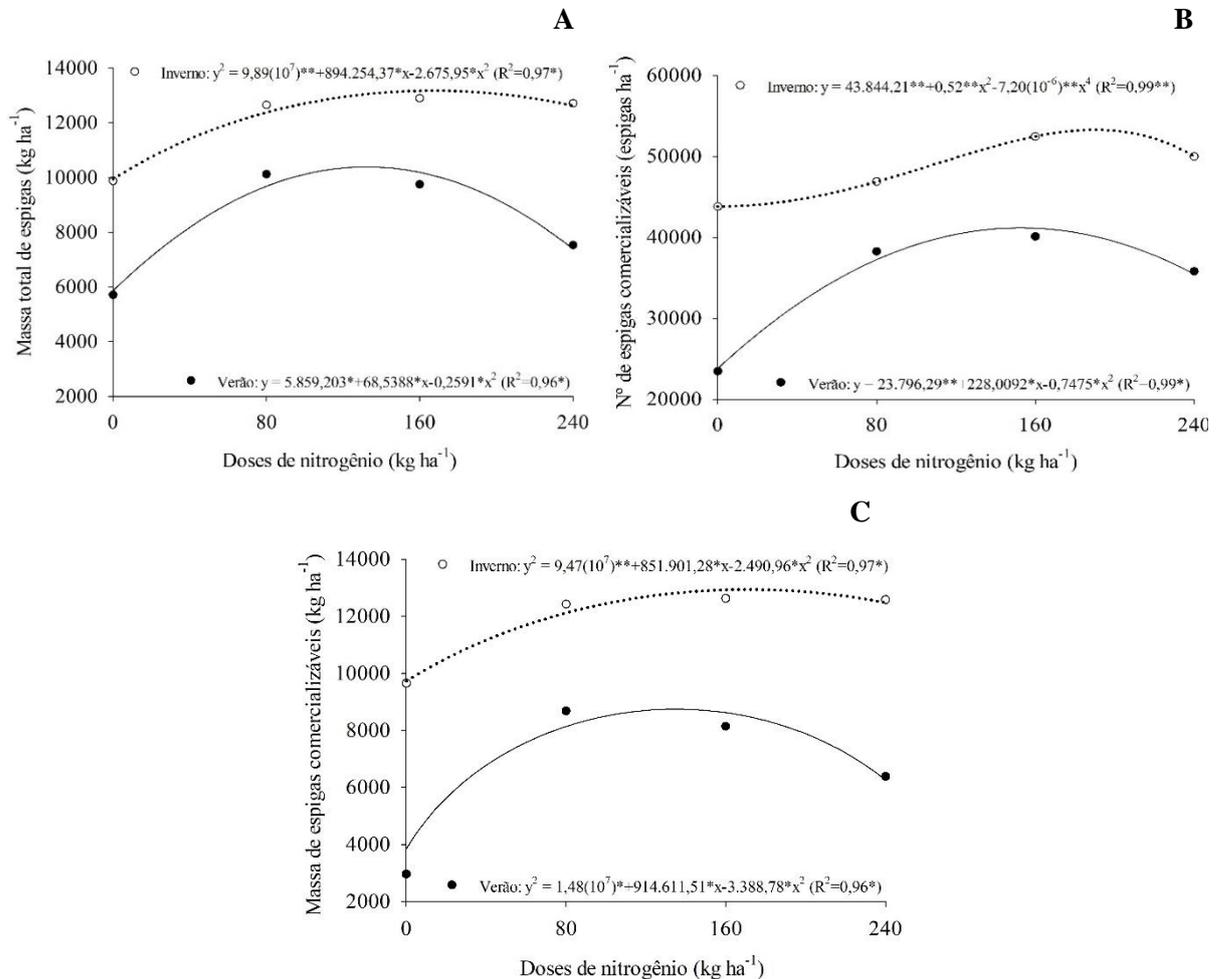


Figura 3 – Massa total de espigas (A), número de espigas comercializáveis (B) e massa de espigas comercializáveis (C) na produção de milho verde fertirrigado com doses de nitrogênio em duas safras agrícolas no município de Canindé de São Francisco-SE, semiárido brasileiro. Mossoró-RN, UFERSA, 2018.

Observa-se nas equações de regressão que há zonas de consumo de luxo (120 a 145 kg ha⁻¹ de N no verão e 145 a 190 kg ha⁻¹ de N no inverno), ou seja, a planta apresenta incremento no teor de N na folha diagnóstica (Figura 2A), mas não responde em produtividade (Figura 3A), seguida por zonas de desequilíbrio (a partir de 150 kg ha⁻¹ de N no verão e 195 kg ha⁻¹ de N no inverno), em que a planta decresce a produtividade provavelmente por causa da toxidez da dose elevada de N ou da deficiência induzida de outro nutriente (FAQUIN, 2002).

Tabela 4 – Valores médios de massa total de espigas, número e massa de espigas comercializáveis da interação entre safras agrícolas e doses de nitrogênio via fertirrigação, na produção de milho verde em Canindé de São Francisco-SE, semiárido brasileiro. Mossoró-RN, UFERSA, 2018.

Safra	Doses de nitrogênio (kg ha ⁻¹)			
	0	80	160	240
Massa total de espigas (kg ha ⁻¹)				
Verão	5.712,74 b ¹	10.123,46 b	9.753,08 b	7.530,86 b
Inverno	9.876,54 a	12.654,32 a	12.901,23 a	12.716,05 a
Número de espigas comercializáveis (espigas ha ⁻¹)				
Verão	23.456,79 b	38.271,60 b	40.123,46 b	35.802,47 b
Inverno	43.827,16 a	46.913,58 a	52.469,14 a	50.000,00 a
Massa de espigas comercializáveis (kg ha ⁻¹)				
Verão	3.771,17 b	8.685,18 b	8.144,44 b	6.384,26 b
Inverno	9.655,86 a	12.431,05 a	12.628,77 a	12.582,41 a

¹Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Buscando reduzir a lixiviação de N em solos arenosos cultivados com milho doce, He et al. (2012) recomendaram, através de modelagem, irrigações mais frequentes (lâminas de 5,0 mm a 7,5 mm), dose de 168 kg ha⁻¹ de N, adubações nos estágios de grandes folhas (1/4 ou 1/3 da dose) e desenvolvimento das espigas (3/4 ou 2/3 da dose), além de utilizar uma taxa de aplicação entre 30 kg ha⁻¹ e 40 kg ha⁻¹ de N por fertirrigação. Esses resultados poderiam ser empregados para basear pesquisas sobre manejo da fertirrigação nitrogenada em solos argilosos, de pH neutro a alcalino, sob temperaturas elevadas, ou seja, em condições de cultivo que podem intensificar a volatilização de NH₃, como na presente pesquisa.

Em Mossoró, semiárido do Rio Grande do Norte, Silva, P. S. L. et al. (2000) obtiveram, no outono-inverno, valores máximos de massa total de espigas verdes (12.582,67 kg ha⁻¹), número de espigas comercializáveis (42.744,78 espigas ha⁻¹) e massa de espigas comercializáveis (11.658,55 kg ha⁻¹) nas respectivas doses de N de 156; 148 e 151 kg ha⁻¹, utilizando como fonte o sulfato de amônio e a variedade Centralmex. Na mesma cidade e com igual adubo nitrogenado, porém em plantio de primavera com o híbrido AG 1051, Silva, P. S. L. et al. (2013) também observaram efeitos positivos da adubação nitrogenada sobre as características do milho verde, alcançando 15.180 kg ha⁻¹ de massa total de espigas; 49.040 espigas comercializáveis por hectare e 15.020 kg ha⁻¹ de massa comercial na dose máxima de 160 kg ha⁻¹ de N.

No Piauí, Araújo, R. M. et al. (2014) sugeriram aplicação de 160 kg ha⁻¹ de N, utilizando como fonte a ureia, para aumentar o número e massa de espigas comerciais no cultivo de primavera do milho verde inoculado com *Azospirillum brasilense*. Em Minas Gerais, Monteiro, M. A. R. et al. (1989) e Freire et al. (2010) também recomendaram, respectivamente, a adubação com 160 e 157 kg ha⁻¹ de N, na forma de ureia, para maior produção de espigas comercializáveis de milho verde em plantio de inverno.

O resultado do presente trabalho está semelhante aos encontrados nos trabalhos acima descritos (uma dose em torno de 160 kg ha⁻¹ de N estaria associada à máxima produção de espigas comerciais), apesar das diferenças em relação às fontes nitrogenadas, cultivares, condições de solo e clima, entre outras práticas culturais. Por outro lado, essas pesquisas não abordaram questões como custos de produção e dose econômica, uma vez que a aplicação de alta dose de N pode promover maior produtividade do milho verde, porém não acompanhada de retorno econômico satisfatório (AMARAL FILHO et al., 2005; FREIRE et al., 2010).

4.1.2 Variáveis econômicas

Com a análise conjunta das características econômicas avaliadas na produção de milho verde (Tabela 5), foi verificada interação entre doses de N e safras agrícolas para a rendas bruta e líquida, enquanto houve efeitos isolados dos tratamentos para a taxa de retorno.

Tabela 5 – Resumo da análise conjunta de variância (valores de F) para renda bruta, renda líquida e taxa de retorno na produção de milho verde fertirrigado com doses de nitrogênio em duas safras agrícolas no município de Canindé de São Francisco-SE, semiárido brasileiro. Mossoró-RN, UFERSA, 2018.

Causas de variação	GL	F		
		Renda bruta	Renda líquida	Taxa de retorno
Blocos (Safras)	6	1,12 ns	1,12 ns	1,02 ns
Doses	3	17,84**	14,05**	6,56**
Safras	1	117,58**	122,01**	156,82**
Doses x Safras	3	3,66*	3,59*	1,23 ns
CV (%)		8,76	10,58	9,65
Média geral		R\$ 16.543,21 ha ⁻¹	R\$ 13.699,88 ha ⁻¹	5,73

ns: não significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F; **: significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F; *: significativo a 5 % de probabilidade, pelo teste F; GL: graus de liberdade; CV: coeficiente de variação.

O preço pago pelas espigas comercializáveis de milho verde não variou entre as safras (R\$ 0,40 espiga⁻¹), promovendo resultados de renda bruta semelhante ao observado para

número de espigas comercializáveis (Tabela 5 e Figura 4), ou seja, as doses estimadas em 152,52 kg ha⁻¹ (verão) e 190,31 (inverno) kg ha⁻¹ de N alcançaram rendas brutas máximas de R\$ 16.473,53 ha⁻¹ e R\$ 21.316,45 ha⁻¹, respectivamente. O plantio de inverno proporcionou maior renda bruta, tendo em vista o maior número de espigas comercializáveis obtido nessa safra (Tabela 6).

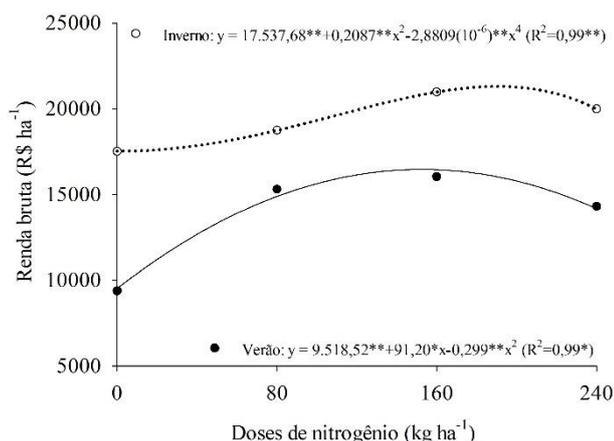


Figura 4 – Renda bruta na produção de milho verde fertirrigado com doses de nitrogênio em duas safras agrícolas no município de Canindé de São Francisco-SE, semiárido brasileiro. Mossoró-RN, UFERSA, 2018.

Tabela 6 – Valores médios de renda bruta da interação entre safras agrícolas e doses de nitrogênio via fertirrigação, na produção de milho verde em Canindé de São Francisco-SE, semiárido brasileiro. Mossoró-RN, UFERSA, 2018.

Safras	Doses de nitrogênio (kg ha ⁻¹)			
	0	80	160	240
Renda bruta (R\$ ha ⁻¹)				
Verão	9.382,72 b ¹	15.308,64 b	16.049,38 b	14.320,99 b
Inverno	17.530,86 a	18.765,43 a	20.987,65 a	20.000,00 a

¹Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Em Mossoró-RN, Silva, P. S. L. et al. (2013) receberam, em novembro de 2009, R\$ 0,47 kg⁻¹ de espiga comercializável, conseguindo rendas brutas de R\$ 6.314,42 ha⁻¹ (ausência de adubação nitrogenada), R\$ 10.064,00 ha⁻¹ (80 kg ha⁻¹ de N) e R\$ 11.234,68 ha⁻¹ (160 kg ha⁻¹ de N). Paiva et al. (2012) obtiveram receitas brutas entre R\$ 18.718,00 ha⁻¹ (ausência de adubação) e R\$ 50.402,51 ha⁻¹ (120 kg ha⁻¹ de N e 106 kg ha⁻¹ P₂O₅), considerando um valor de venda de R\$ 3,50 kg⁻¹ de espiga comercializável, preço praticado no comércio de Mossoró-RN em julho de 2011. Como a venda de milho verde em Canindé de São Francisco-SE é feita a partir do

preço unitário da espiga, tem-se que o produto foi comercializado, em média, a R\$ 2,12 kg⁻¹ na safra de verão e R\$ 1,64 kg⁻¹ no inverno.

O mercado do milho verde se caracteriza pela comercialização a nível local e/ou regional, principalmente devido à curta vida de prateleira do produto, que também é agravada pelo manejo inadequado dessa hortaliça na pós-colheita, com destaque para o transporte de espigas a granel e a falta de refrigeração. Diante disso, os preços variam bastante com a região de produção, a época de colheita e a distância em relação ao mercado consumidor.

Na Tabela 7 e no APÊNDICE A, estão os componentes dos custos totais na produção de um hectare de milho verde em função de doses de N via fertirrigação e das safras agrícolas. Os custos totais foram estimados em: R\$ 2.469,45 ha⁻¹ (ausência de adubação nitrogenada); R\$ 2.753,28 ha⁻¹ (80 kg ha⁻¹ de N); R\$ 3.037,12 ha⁻¹ (160 kg ha⁻¹ de N) e R\$ 3.320,95 ha⁻¹ (240 kg ha⁻¹ de N) para a safra de verão; e R\$ 2.422,11 ha⁻¹ (ausência de adubação nitrogenada); R\$ 2.668,34 ha⁻¹ (80 kg ha⁻¹ de N); R\$ 2.914,58 ha⁻¹ (160 kg ha⁻¹ de N) e R\$ 3.160,79 ha⁻¹ (240 kg ha⁻¹ de N) na safra de inverno.

Tabela 7 – Componentes dos custos totais na produção de um hectare de milho verde fertirrigado com doses de nitrogênio (N) em duas safras agrícolas no município de Canindé de São Francisco-SE, semiárido brasileiro. Mossoró-RN, UFERSA, 2018.

(continua)

Discriminação	Unid.	Verão		Inverno	
		Quant.	R\$	Quant.	R\$
I – Despesas de custeio da lavoura					
1 – Aluguel de máquinas					
Trator com grade aradora	h	2,00	220,00	2,00	220,00
2 – Mão de obra					
Distribuição das fitas gotejadoras	diária	2,00	80,00	2,00	80,00
Plantio manual com matraca	diária	1,00	40,00	1,00	40,00
Irrigação ou fertirrigação	h	34,00	170,00	18,00	90,00
Pulverização (herbicida)	diária	1,00	40,00	1,00	40,00
Colheita manual de espigas verdes	diária	6,00	240,00	6,00	240,00
3 – Sementes					
Milho híbrido Bt Feroz	kg	15,00	417,40	15,00	391,40
4 – Fertilizantes					
Ureia (45% N) - 240 kg ha ⁻¹ de N	kg	533,34	800,01	533,34	693,34
Sulfato de zinco (21% Zn)	kg	9,53	34,69	9,53	34,69
5 – Agrotóxicos					
Atrazina (herbicida)	L	4,00	112,00	4,00	100,00

(conclusão)					
Discriminação		Verão		Inverno	
I – Despesas de custeio da lavoura	Unid.	Quant.	R\$	Quant.	R\$
6 – Outros					
Análise de solo	unid.	1,00	52,00	1,00	59,00
Subtotal (A)			2.206,10	1.988,43	
II – Outras despesas					
7 – Despesas administrativas (3% do custeio da lavoura)			66,18	59,65	
8 – Assistência técnica (2% do custeio da lavoura)			44,12	39,77	
9 – Imposto territorial rural (R\$ 10,00 ano ⁻¹)			1,92	2,05	
Subtotal (B)			112,22	101,47	
III – Despesas financeiras					
10 – Juros do financiamento (7,49% ano ⁻¹)			31,69	30,60	
Subtotal (C)			31,69	30,60	
Custo variável (A+B+C=D)			2.350,01	2.120,50	
IV – Depreciações					
11 – Depreciação de instalações*			306,28	328,16	
Subtotal (E)			306,28	328,16	
V – Outros custos fixos					
12 – Manutenção de instalações (1% ano ⁻¹)			12,76	13,67	
Subtotal (F)			12,76	13,67	
Custo fixo (E+F=G)			319,04	341,83	
Custo operacional (D+G=H)			2.669,05	2.462,33	
VI – Renda de fatores					
13 – Remuneração sobre o capital fixo (6% ano ⁻¹)			76,55	82,02	
14 – Arrendamento (R\$ 3.000,00 ha ⁻¹ ano ⁻¹)			575,35	616,44	
Subtotal (I)			651,90	698,46	
Custo total (H+I=J)			Verão	Inverno	
240 kg ha ⁻¹ de N			3.320,95	3.160,79	
160 kg ha ⁻¹ de N			3.037,12	2.914,58	
80 kg ha ⁻¹ de N			2.753,28	2.668,34	
0 kg ha ⁻¹ de N			2.469,45	2.422,11	

*10.000 m de fitas gotejadoras de polietileno de baixa densidade, com emissores espaçados em 0,20 m e diâmetro nominal de 16 mm (vida útil = 2 anos; valor do bem novo = R\$ 0,27 m⁻¹); tubos e conexões em PVC (vida útil = 16 anos; valor do bem novo = R\$ 3.952,80 ha⁻¹).

Em relação aos custos totais, os gastos com a adubação nitrogenada corresponderam a 9,69% (80 kg ha⁻¹), 17,56% (160 kg ha⁻¹) e 24,09% (240 kg ha⁻¹) no cultivo de verão e 8,66% (80 kg ha⁻¹), 15,86% (160 kg ha⁻¹) e 21,94% (240 kg ha⁻¹) na safra de inverno (Tabela 7 e APÊNDICE A). O principal motivo para redução desse custo foi relativo à diminuição do preço da ureia (fonte de N) de R\$ 1,50 kg⁻¹ na safra de verão para R\$ 1,30 kg⁻¹ no cultivo de inverno.

De maneira geral, as despesas com mão de obra foram as mais impactantes dentro do custeio da lavoura com ausência de adubação nitrogenada e adubações com doses de 80 kg ha⁻¹ e 160 kg ha⁻¹ de N (APÊNDICE A). A mão de obra teve em média 20,85% (verão) e 18,47% (inverno) de participação nos custos totais desses tratamentos. Essa diferença decorre do manejo da irrigação em cada época de cultivo, cujo tempo necessário foi inferior no inverno. Caso a mão de obra empregada seja da própria família, essa despesa se transformaria em renda líquida à atividade. Na avaliação dos custos de produção de um hectare de milho verde, Zárate et al. (2009) tiveram maior despesa com mão de obra, cerca de 38,76% dos custos totais, pois realizaram capinas manuais para controle de plantas invasoras ao invés do uso de herbicida.

A depreciação do sistema de irrigação também onerou os custos totais, uma vez que a vida útil das fitas gotejadoras é de apenas dois anos, sendo fundamental que o agricultor poupe R\$ 306,28 ha⁻¹ no verão e R\$ 328,16 ha⁻¹ no inverno (Tabela 7 e APÊNDICE A), a fim de capitalizar o montante necessário para repor este material no momento adequado, evitando problemas como o entupimento de emissores, cuja consequência é a baixa eficiência de aplicação de água.

O custo de oportunidade relacionado ao arrendamento do imóvel também foi significativo, pois correspondeu em média a 20,12 e 22,30% dos custos totais nas safras de verão e inverno, respectivamente (Tabela 7 e APÊNDICE A). Essa despesa foi maior no inverno em função do ciclo do milho ter se prolongado de 70 dias (verão) para 75 dias (inverno) do plantio à colheita de espigas verdes e os demais custos terem reduzido, como: mão de obra para irrigação, preço de insumos, despesas administrativas, assistência técnica e depreciação de instalações.

A partir da diferença entre a renda bruta e os custos totais de produção, tem-se a renda líquida da produção de milho verde. Para essa característica, houve interação entre as safras agrícolas e as doses de N (Tabela 5), que atingiu valores máximos de R\$ 13.473,50 ha⁻¹ (verão) e R\$ 18.266,30 ha⁻¹ (inverno), associados às fertirrigações com 146,58 e 185,83 kg ha⁻¹ de N, respectivamente (Figura 5). As doses ideais de N para renda líquida tiveram reduções de apenas 3,89 e 2,35% em relação àquelas recomendadas para máxima renda bruta nas safras de verão e inverno, respectivamente.

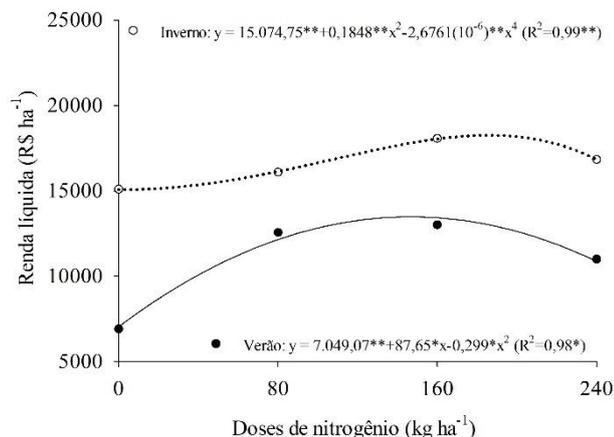


Figura 5 – Renda líquida na produção de milho verde fertirrigado com doses de nitrogênio em duas safras agrícolas no município de Canindé de São Francisco-SE, semiárido brasileiro. Mossoró-RN, UFERSA, 2018.

No plantio de inverno, as rendas líquidas do milho verde fertirrigado com diferentes doses de N foram estatisticamente maiores às observadas na safra de verão (Tabela 8), sendo importante ressaltar que, no inverno, a produtividade de espigas comercializáveis foi maior e esteve associada a um custo de produção inferior ao verão, maximizando, assim, o lucro do investimento no milho verde na época mais fria.

Tabela 8 – Valores médios de renda líquida da interação entre safras agrícolas e doses de nitrogênio via fertirrigação, na produção de milho verde em Canindé de São Francisco-SE, semiárido brasileiro. Mossoró-RN, UFERSA, 2018.

Saфра	Doses de nitrogênio (kg ha ⁻¹)			
	0	80	160	240
	Renda líquida (R\$ ha ⁻¹)			
Verão	6.913,27 b ¹	12.555,36 b	13.012,27 b	11.000,04 b
Inverno	15.108,74 a	16.097,09 a	18.073,08 a	16.839,20 a

¹Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Houve efeitos isolados das doses de N e das safras para a taxa de retorno do investimento no plantio do milho verde (Tabela 5), estimando-se valor máximo de 6,17 reais por real investido, quando as plantas de milho foram fertirrigadas com 90 kg ha⁻¹ de N (Figura 6). Na Tabela 9, observa-se que a taxa de retorno obtida na safra de inverno (6,95) foi superior ao cultivo de verão (4,50). Essa variável econômica é muito importante, pois, ao relacionar a renda bruta com os custos de produção, consegue expressar o potencial de retorno de capital a ser obtido com o empreendimento.

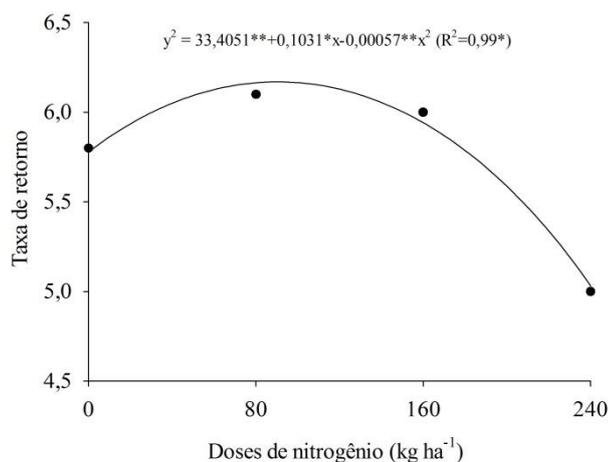


Figura 6 – Taxa de retorno na produção de milho verde fertirrigado com doses de nitrogênio em Canindé de São Francisco-SE, semiárido brasileiro. Mossoró-RN, UFERSA, 2018.

Tabela 9 – Valores médios de taxa de retorno na produção de milho verde em duas safras agrícolas no município de Canindé de São Francisco-SE, semiárido brasileiro. Mossoró-RN, UFERSA, 2018.

Safra	Taxa de retorno
Verão	4,50 b ¹
Inverno	6,95 a

¹Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Esses dados diferem dos encontrados por Silva, J. et al. (2004), Silva, P. S. L. et al. (2006), Zárate et al. (2009) e Begum et al. (2015), cujas taxas de retorno foram inferiores a 3,35 na produção de milho verde. As pesquisas demonstraram que houve uma baixa remuneração pelo produto, associada a despesas elevadas, apesar de terem atingido produtividades satisfatórias (acima de 40 mil espigas comercializáveis por hectare).

Para o índice de lucratividade não foi observada homogeneidade de variância entre as safras agrícolas. Diante disto, avaliou-se a análise de variância de cada experimento, em que houve efeito das doses de N nas duas épocas de cultivo (Tabela 10). Na safra de verão, a dose de 76,42 kg ha⁻¹ de N promoveu índice de lucratividade máximo de 82,33% (Figura 7A). Na safra de inverno (Figura 7B) não houve ajuste de curva de regressão, porém se observa que o uso de quantidades crescentes do adubo nitrogenado reduziu a lucratividade do investimento de 86,18% (ausência de adubação nitrogenada) para 84,19% (240 kg ha⁻¹). Esses resultados foram superiores ao máximo obtido por Jesus et al. (2016) na produção de milho doce em Chapadão do Sul-MS, cujo índice de lucratividade alcançou 74% com 125 kg ha⁻¹ de N.

Tabela 10 – Resumo da análise de variância individual (valores de F) para índice de lucratividade na produção de milho verde fertirrigado com doses de nitrogênio nas safras de verão e de inverno no município de Canindé de São Francisco-SE, semiárido brasileiro. Mossoró-RN, UFERSA, 2018.

Causas de variação	GL	F	
		Índice de lucratividade	
		Verão	Inverno
Blocos	3	1,12 ns	0,23 ns
Doses	3	6,31*	3,87*
CV (%)		4,40	1,09
Média geral		77,98%	85,53%

ns: não significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F; *: significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F; GL: graus de liberdade; CV: coeficiente de variação.

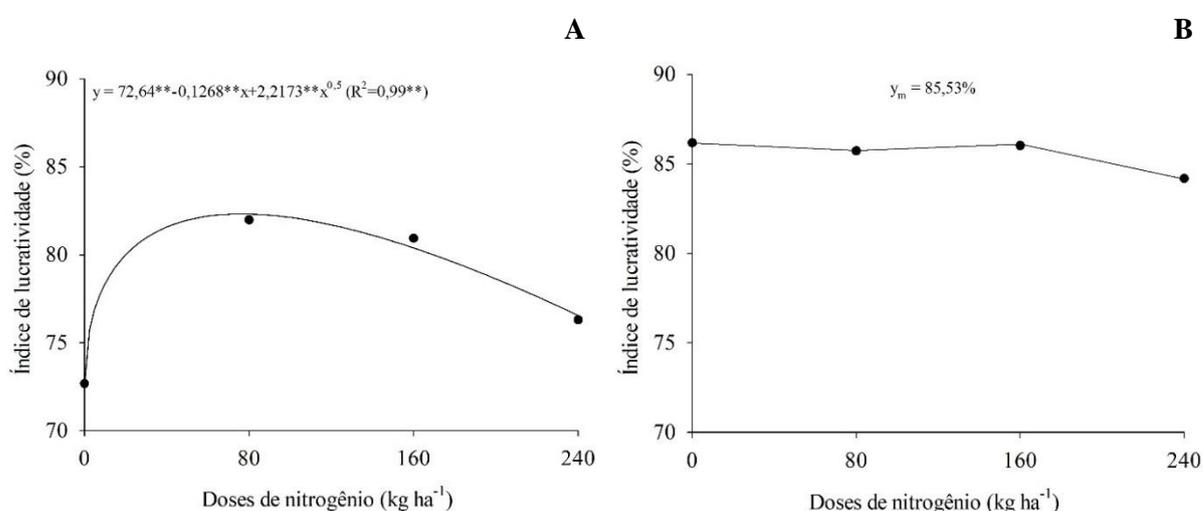


Figura 7 – Índice de lucratividade de milho verde fertirrigado com doses de nitrogênio nas safras de verão (A) e de inverno (B) no município de Canindé de São Francisco-SE, semiárido brasileiro. Mossoró-RN, UFERSA, 2018.

Essa situação na safra de inverno indica que o híbrido utilizado é uma cultivar que, possivelmente, aproveitou com maior eficiência as condições ambientais favoráveis dessa estação climática, como temperaturas mais amenas e maior umidade relativa do ar (Figura 1), de forma a obter boa produção de espigas comercializáveis, mesmo sem a aplicação de N via fertirrigação. Ressalta-se, contudo, que o uso contínuo da área e o manejo inadequado da fertilidade do solo podem reduzir o potencial produtivo das culturas em sucessão, principalmente, se os nutrientes não forem repostos via adubação química e/ou orgânica.

Independente das doses de N, a rentabilidade do cultivo do milho verde, em ambas as safras, foi superior a 72,68% (Figura 7), demonstrando a viabilidade agrônômica e econômica da produção dessa cultura nas condições desse trabalho. Além da venda de espigas verdes, o milho ainda fornece a palhada com a segunda e/ou terceira espiga(s), material vegetal que pode

ser disponibilizado verde ou na forma de silagem aos animais da própria fazenda e/ou comercializado para terceiros, gerando renda extra para o produtor.

A redução na produtividade com doses mais elevadas de N reforça a necessidade de se estudar, em condições semelhantes a essa pesquisa (solos argilosos, pH acima de 7,0 e elevada saturação de cálcio), o efeito isolado ou sinérgico de outros nutrientes na nutrição do milho, com destaque para o fósforo, que, normalmente, encontra-se precipitado com cálcio e com baixa disponibilidade às plantas.

4.2 SILAGEM

4.2.1 Variáveis agronômicas

De acordo com a análise conjunta dos dados de milho para silagem, houve interação entre doses de N e safras agrícolas para todas as características agronômicas avaliadas (Tabela 11).

Tabela 11 – Resumo da análise conjunta de variância (valores de F) para produtividade de massa fresca (PMF) e produtividade de massa seca (PMS) de milho para silagem, fertirrigado com doses de nitrogênio em duas safras agrícolas no município de Canindé de São Francisco-SE, semiárido brasileiro. Mossoró-RN, UFERSA, 2018.

Causas de variação	GL	F	
		PMF	PMS
Blocos (Safras)	6	1,11 ns	0,64 ns
Doses	3	10,99**	9,22**
Safras	1	98,58**	73,56**
Doses x Safras	3	4,60*	5,23**
CV (%)		10,67	5,15
Média geral		27,80 t ha ⁻¹	38,04 t ha ⁻¹

ns: não significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F; **: significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F; *: significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F; GL: graus de liberdade; CV: coeficiente de variação.

No verão, a produtividade de massa fresca de milho para silagem aumentou até 26,92 t ha⁻¹ na dose de 87,62 kg ha⁻¹ de N, decrescendo em seguida (Figura 8A). A safra de inverno elevou a massa verde de 28,54 t ha⁻¹ (ausência de adubação nitrogenada) para 38,14 t ha⁻¹ (240 kg ha⁻¹ de N), ou seja, um incremento de 40 kg de forragem por kg de N empregado via fertirrigação. Para todas as doses de N estudadas, a safra de inverno

proporcionou produtividade superior ao cultivo de verão do milho para silagem (Tabela 12). Em relação à produtividade de massa seca, com os resultados se verificou que houve maiores acúmulos de fitomassa nas doses de 80 kg ha⁻¹ de N (verão) e 240 kg ha⁻¹ de N (inverno), proporcionando, respectivamente, valores de 10,91 e 13,54 t ha⁻¹ (Figura 8B e Tabela 12).

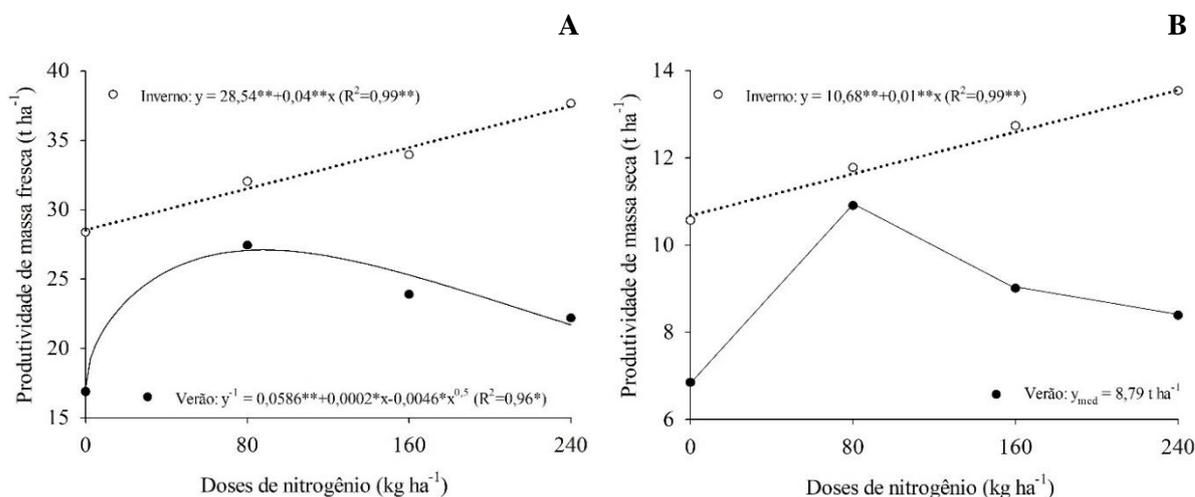


Figura 8 – Produtividades de massas fresca (A) e seca (B) de milho para silagem, fertirrigado com doses de nitrogênio em duas safras agrícolas no município de Canindé de São Francisco-SE, semiárido brasileiro. Mossoró-RN, UFERSA, 2018.

Tabela 12 – Valores médios de produtividades de massas fresca e seca da interação entre safras agrícolas e doses de nitrogênio via fertirrigação, na produção de milho para silagem em Canindé de São Francisco-SE, semiárido brasileiro. Mossoró-RN, UFERSA, 2018.

Safr	Doses de nitrogênio (kg ha ⁻¹)			
	0	80	160	240
Produtividade de massa fresca (t ha ⁻¹)				
Verão	16,87 b ¹	27,43 b	23,89 b	22,18 b
Inverno	28,38 a	32,04 a	33,95 a	37,66 a
Produtividade de massa seca (t ha ⁻¹)				
Verão	6,85 b	10,91 a	9,01 b	8,39 b
Inverno	10,57 a	11,78 a	12,74 a	13,54 a

¹Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Na safra de verão, a redução na produtividade a partir da dose de 80 kg ha⁻¹ de N pode ter sido ocasionada pela baixa nas eficiências de recuperação e utilização do N aplicado (MENEZES et al., 2013). De acordo com a Figura 1, observaram-se, no cultivo de verão, condições de alta temperatura (médias superiores a 28 °C) e baixa umidade relativa do ar (médias inferiores a 67%), as quais podem intensificar o processo de volatilização de NH₃ a

partir da aplicação da ureia (TASCA et al., 2011; SOUZA et al., 2015). Este adubo nitrogenado também diminui sua eficiência quando utilizado em altas doses e em solos com pH acima de 6,5 (MA et al., 2010; TASCA et al., 2011), como no caso desse experimento.

Em relação à fisiologia da planta, as temperaturas do ar mais elevadas no verão (Figura 1) contribuíram para acelerar o ciclo do milho (81 dias do plantio à colheita) quando comparada à safra de inverno (91 dias), influenciando, assim, na queda da produtividade da cultura (Tabela 12). Ao avaliar a resposta do milho para silagem em duas épocas de cultivo no Irã, Gheysari et al. (2009a) observaram que o ciclo da cultura variou entre 87 DAP (ano 2004) e 100 DAP (ano 2003), justificando tal diferença pela ocorrência de temperaturas médias mais baixas em 2003 (22,90 °C do plantio a VT e 17,80 °C de VT a R5). Entretanto, devido a essa redução da temperatura do ar em 2003, sobretudo no final do ciclo (média de 13,80 °C), os autores relataram produtividades de massa fresca inferiores à safra de 2004.

Aos 85 DAP, Santos, R. D. et al. (2010) colheram seis variedades de milho no estágio farináceo-duro, cultivadas entre os meses de abril e agosto no município de Petrolina, semiárido de Pernambuco. As temperaturas médias variaram entre 24,1-26,9 °C e as produtividades médias foram 33,80 t ha⁻¹ (massa fresca) e 13,7 t ha⁻¹ (massa seca). Na cidade de Crato, semiárido do Ceará, Soares et al. (2017) também alcançaram produtividade média de 33,44 t ha⁻¹ de forragem verde de milho Bt Feroz aos 90 DAP e sob temperaturas médias de 24,6 a 26,5 °C. Portanto, ambos os trabalhos apresentaram dados semelhantes aos observados na safra de inverno em Canindé de São Francisco-SE.

Diante dos resultados dessas pesquisas, tem-se que o potencial produtivo do milho para silagem varia bastante com as condições de cultivo (meteorologia, manejo da adubação nitrogenada, cultivares, etc.). Apesar da aplicação de altas doses de N poder ocasionar altas produtividades de massa fresca, principalmente no inverno, há a possibilidade de não ser economicamente viável.

4.2.2 Variáveis econômicas

De acordo com a análise conjunta dos experimentos, houve interação entre doses de N e safras agrícolas para todas as características econômicas avaliadas na produção de milho para silagem (Tabela 13).

Tabela 13 – Resumo da análise conjunta de variância (valores de F) para renda bruta (RB), renda líquida (RL), taxa de retorno (TR) e índice de lucratividade (IL) de milho para silagem, fertirrigado com doses de nitrogênio em duas safras agrícolas no município de Canindé de São Francisco-SE, semiárido brasileiro. Mossoró-RN, UFERSA, 2018.

Causas de variação	GL	F			
		RB	RL	TR	IL
Blocos (Safras)	6	1,08 ns	1,07 ns	1,31 ns	1,36 ns
Doses	3	10,73*	5,87**	5,01*	5,64**
Safras	1	178,79**	210,52**	248,34**	162,28**
Doses x Safras	3	4,46*	4,64*	4,04*	4,91*
CV (%)		10,61	16,59	6,16	9,45
Média geral		R\$ 10.555,30 ha ⁻¹	R\$ 5.131,45 ha ⁻¹	1,91	45,53%

ns: não significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F; **: significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F; *: significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F; GL: grau de liberdade; CV: coeficiente de variação.

Para renda bruta, as doses estimadas em 87,62 kg ha⁻¹ (verão) e 240,00 kg ha⁻¹ (inverno) de N alcançaram valores máximos de R\$ 9.424,46 ha⁻¹ e R\$ 14.987,70 ha⁻¹, respectivamente (Figura 9). O plantio de inverno foi mais favorável à renda bruta (Tabela 14), tendo em vista as maiores produtividades de massa fresca e remuneração do produto, as quais cresceram em média 48,98 e 14,28%, respectivamente, em relação aos resultados da safra de verão. No outono-inverno de 2016, época de plantio do milho em Sergipe, os cultivos de sequeiro obtiveram baixas produtividades devido à escassez de chuvas no período (CONAB, 2017b), provocando falta de forragem para os animais no período de entressafra e aumento no valor da silagem.

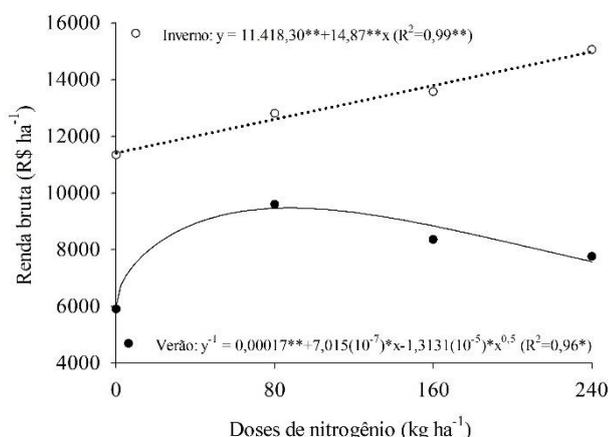


Figura 9 – Renda bruta de milho para silagem, fertirrigado com doses de nitrogênio em duas safras agrícolas no município de Canindé de São Francisco-SE, semiárido brasileiro. Mossoró-RN, UFERSA, 2018.

Tabela 14 – Valores médios de renda bruta da interação entre safras agrícolas e doses de nitrogênio via fertirrigação, na produção de milho para silagem em Canindé de São Francisco-SE, semiárido brasileiro. Mossoró-RN, UFERSA, 2018.

Safra	Doses de nitrogênio (kg ha ⁻¹)			
	0	80	160	240
	Renda bruta (R\$ ha ⁻¹)			
Verão	5.904,50 b ¹	9.602,25 b	8.360,62 b	7.763,00 b
Inverno	11.353,00 a	12.815,00 a	13.580,00 a	15.064,00 a

¹Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Na Tabela 15 e no APÊNDICE B, estão os componentes dos custos totais na produção de um hectare de milho para silagem em função de doses de N via fertirrigação e das safras agrícolas. Os custos totais foram estimados em: R\$ 4.012,82 ha⁻¹ (ausência de adubação nitrogenada), R\$ 5.256,36 ha⁻¹ (80 kg ha⁻¹ de N), R\$ 5.219,28 ha⁻¹ (160 kg ha⁻¹ de N) e R\$ 5.348,40 ha⁻¹ (240 kg ha⁻¹ de N) para a safra de verão; e R\$ 5.096,84 ha⁻¹ (ausência de adubação nitrogenada), R\$ 5.676,87 ha⁻¹ (80 kg ha⁻¹ de N), R\$ 6.097,68 ha⁻¹ (160 kg ha⁻¹ de N) e R\$ 6.682,26 (240 kg ha⁻¹ de N) na safra de inverno.

Tabela 15 – Componentes dos custos totais na produção de um hectare de milho para silagem, fertirrigado com doses de nitrogênio (N) em duas safras agrícolas no município de Canindé de São Francisco-SE, semiárido brasileiro. Mossoró-RN, UFERSA, 2018.

(continua)

Discriminação	Unid.	Verão		Inverno	
		Quant.	R\$	Quant.	R\$
I – Despesas de custeio da lavoura					
1 – Aluguel de máquinas					
Trator com grade aradora	h	2,00	220,00	2,00	220,00
Trator com colhedora de forragem	h	5,55	665,40	9,42	1.129,80
2 – Mão de obra					
Distribuição das fitas gotejadoras	diária	2,00	80,00	2,00	80,00
Plantio manual com matraca	diária	1,00	40,00	1,00	40,00
Irrigação ou fertirrigação	h	38,83	194,15	24,83	124,15
Pulverização (herbicida)	diária	1,00	40,00	1,00	40,00
Retiradas das fitas gotejadoras	diária	2,00	80,00	2,00	80,00
Ensacamento da forragem	diária	11,62	464,72	19,73	789,07
3 – Sementes					
Milho híbrido Bt Feroz	kg	15,00	417,40	15,00	391,40
4 – Fertilizantes					

(continuação)

Discriminação	Verão			Inverno	
	Unid.	Quant.	R\$	Quant.	R\$
I – Despesas de custeio da lavoura					
Ureia (45% N) - 240 kg ha ⁻¹ de N	kg	533,34	800,01	533,34	693,34
Sulfato de zinco (21% Zn)	kg	9,53	34,69	9,53	34,69
5 – Agrotóxicos					
Atrazina (herbicida)	L	4,00	112,00	4,00	100,00
6 – Outros					
Análise de solo	unid.	1,00	52,00	1,00	59,00
Saco para silagem (40 kg)	unid.	554,50	720,85	941,50	1.223,95
Abraçadeira para saco de silagem	unid.	554,50	37,71	941,50	64,02
Subtotal (A)			3.958,93		5.069,42
II – Outras despesas					
7 – Despesas administrativas (3% do custeio da lavoura)			118,77		152,08
8 – Assistência técnica (2% do custeio da lavoura)			79,18		101,39
9 – Imposto territorial rural (R\$ 10,00 ano ⁻¹)			2,22		2,49
Subtotal (B)			200,17		255,96
III – Despesas financeiras					
10 – Juros do financiamento (7,49% ano ⁻¹)			65,80		94,66
Subtotal (C)			65,80		94,66
Custo variável (A+B+C=D)			4.224,90		5.420,04
IV – Depreciações					
11 – Depreciação de instalações*			354,41		398,17
Subtotal (E)			354,41		398,17
V – Outros custos fixos					
12 – Manutenção de instalações (1% ano ⁻¹)			14,76		16,58
Subtotal (F)			14,76		16,58
Custo fixo (E+F=G)			369,17		414,75
Custo operacional (D+G=H)			4.594,07		5.834,80
VI – Renda de fatores					
13 – Remuneração sobre o capital fixo (6% ano ⁻¹)			88,58		99,52
14 – Arrendamento (R\$ 3.000,00 ha ⁻¹ ano ⁻¹)			665,75		747,95
Subtotal (I)			754,33		847,47
Custo total (H+I=J)			Verão		Inverno
240 kg ha ⁻¹ de N			5.348,40		6.682,26
160 kg ha ⁻¹ de N			5.219,28		6.097,68

Discriminação	(conclusão)	
	Verão	Inverno
Custo total (H+I=J)	R\$	R\$
80 kg ha ⁻¹ de N	5.256,36	5.676,87
0 kg ha ⁻¹ de N	4.012,82	5.096,84

*10.000 m de fitas gotejadoras de polietileno de baixa densidade, com emissores espaçados em 0,20 m e diâmetro nominal de 16 mm (vida útil = 2 anos; valor do bem novo = R\$ 0,27 m⁻¹); tubos e conexões em PVC (vida útil = 16 anos; valor do bem novo = R\$ 3.952,80 ha⁻¹).

No verão, os custos variáveis, fixos e de renda de fatores (oportunidade) para produção de um hectare de milho para silagem corresponderam, respectivamente, a média dos tratamentos: R\$ 3.835,71 ha⁻¹, R\$ 369,18 ha⁻¹ e R\$ 754,34 ha⁻¹ (Tabela 15 e APÊNDICE B). Na safra de inverno, os valores dos custos específicos foram, em média, R\$ 4.626,19 ha⁻¹ (variáveis), R\$ 414,75 ha⁻¹ (fixos) e R\$ 847,46 ha⁻¹ (renda de fatores).

Após levantamento dos custos de produção de silagem de milho na safra 2015/2016, Santos, Moraes e Nussio (2017) obtiveram custos totais de R\$ 4.984,01 ha⁻¹ (São Paulo) e R\$ 5.323,53 ha⁻¹ (Minas Gerais), sendo 85,47% referentes aos custos variáveis, 5,98% ao custo fixo (depreciação) e 8,55% ao custo de oportunidade (arrendamento). Esses valores são relativamente semelhantes à produção de milho irrigado no semiárido, apesar de diferirem quanto ao sistema de cultivo no Sudeste (plantio de sequeiro e emprego de mecanização terceirizada da semeadura à compactação da silagem).

Por outro lado, Yildiz (2016) observou que 40,10% dos custos totais do cultivo do milho para silagem foram relativos às despesas variáveis (principalmente, fertilizantes), 35,20% para custos fixos (sobretudo a depreciação/manutenção de maquinário próprio) e 24,70% para arrendamento das terras na Turquia. Em outra pesquisa realizada nesse país, Tuvanç e Dağdemir (2009) relataram custos variáveis da ordem de 78,58% dos gastos totais de produção de silagem de milho, uma vez que o aluguel de máquinas e implementos para colheita foi considerado despesa variável. Portanto, na análise econômica do cultivo do milho para silagem deve ser avaliado o custo-benefício entre a utilização de maquinário próprio ou contratação de serviços de terceiros.

De acordo com a Tabela 15 e APÊNDICE B, as despesas mais importantes do custeio da lavoura de milho para silagem foram relativas aos insumos (sementes, fertilizantes, agrotóxicos, sacos e abraçadeiras para armazenamento da forragem), os quais representaram em média 46,87% deste componente dos custos de produção, enquanto que as operações de colheita corresponderam a 34,31% (verão) e 40,87% (inverno). Valores semelhantes foram

encontrados por Daniel, Zopollatto e Nussio (2011) e Santos, Moraes e Nussio (2017), cujos resultados destacaram que esses dois componentes devem ser priorizados em decisões que visam à redução dos custos de produção da silagem de milho, embora estratégias para reduzir todas as outras despesas também devem ser analisadas.

Em relação aos custos totais, os gastos com a adubação nitrogenada corresponderam a 5,07% (80 kg ha⁻¹), 10,22% (160 kg ha⁻¹) e 14,96% (240 kg ha⁻¹) no cultivo de verão e 4,07% (80 kg ha⁻¹), 7,58% (160 kg ha⁻¹) e 10,38% (240 kg ha⁻¹) na safra de inverno (Tabela 15 e APÊNDICE B). O principal motivo para redução desse custo relativo entre as épocas decorreu da diminuição do preço da ureia de R\$ 1,50 kg⁻¹ na safra de verão para R\$ 1,30 kg⁻¹ no cultivo de inverno, além do aumento nos gastos com a ensilagem (colheita e ensacamento da forragem). Tal informação enfatiza a importância de se realizar uma pesquisa de mercado para obtenção de menor custo com o principal item dos insumos (fertilizantes), buscando a compra antecipada, evitando problemas de entrega dos produtos e elevação do custo unitário (curva de oferta e demanda).

Analisando os custos de produção de silagem de milho em Montes Claros-MG (safra 2016), Rabelo, Souza e Oliveira (2017) relataram que a ureia (350 kg ha⁻¹) teve 17,27% de participação nos gastos totais (R\$ 3.849,03 ha⁻¹), sendo este adubo nitrogenado e demais fertilizantes responsáveis por R\$ 1.850,02 ha⁻¹ (48,06%). Possivelmente, o solo em questão apresentava fertilidade muito abaixo do Luvissole de Canindé de São Francisco-SE, demandando uma maior adubação a fim de garantir a produtividade esperada de 40 t ha⁻¹.

De maneira geral, as despesas com o aluguel de máquinas para preparo do solo e colheita da forragem foram as mais onerosas ao agricultor (Tabela 15 e APÊNDICE B). Esse custo teve em média 18,11% (verão) e 20,58% (inverno) de participação nos custos totais. Justifica-se esse aumento de gastos no inverno pelo incremento de produtividade de massa fresca do milho (Tabela 12), prolongando, assim, o tempo necessário para colheita. Como os serviços com maquinário foi terceirizado, não houve incidência de gastos com salário de tratorista e depreciação/manutenção de máquinas e implementos.

Com despesas semelhantes ao aluguel de máquinas, a mão de obra também apresentou destaque nos custos de produção (16,81 a 19,63% dos gastos totais), principalmente porque foi considerado o processo de ensacamento manual da forragem (Tabela 15 e APÊNDICE B). A prática da ensilagem em sacos plásticos tem se destacado nos últimos anos na região Nordeste, sobretudo devido à ocorrência de longos períodos de estiagem, a qual estimulou os agricultores a conservarem forragem verde de um modo que facilitasse o transporte entre as regiões produtoras e consumidoras desse alimento animal.

Outro ponto de destaque no custeio da lavoura foi a realização da análise de solo, que representou apenas 1,43% dos custos totais (Tabela 15 e APÊNDICE B), ou seja, um gasto muito pequeno em relação aos potenciais benefícios agrônômicos, econômicos e ambientais oriundos do levantamento dessa informação para fins de recomendação de uso de corretivos e fertilizantes.

A depreciação do sistema de irrigação também onerou os custos totais, uma vez que foi considerada uma vida útil de dois anos para as fitas gotejadoras (CUNHA et al., 2012), sendo fundamental que o agricultor poupe R\$ 354,41 ha⁻¹ no verão e R\$ 398,17 ha⁻¹ no inverno (Tabela 15 e APÊNDICE B), a fim de capitalizar o montante necessário para repor este material no momento adequado, evitando problemas como o entupimento de emissores ou vazamentos, cuja consequência é a baixa eficiência de aplicação de água na lavoura.

O custo de oportunidade relacionado ao arrendamento do imóvel também foi significativo, pois correspondeu a R\$ 665,75 ha⁻¹ e R\$ 747,95 ha⁻¹, nas safras de verão e inverno, respectivamente (Tabela 15 e APÊNDICE B). Essa despesa foi maior no inverno em função do ciclo do milho ter se prolongado de 81 dias (verão) para 91 dias (inverno) do plantio à colheita da forragem no ponto ideal para ensilagem (Figura 1).

Ao subtrair os custos de produção da renda bruta tem-se o lucro do investimento. Na safra de verão, foi possível estimar valores crescentes de renda líquida até a dose 71,14 kg ha⁻¹ de N (R\$ 4.318,94 ha⁻¹), enquanto que, no inverno, houve incremento linear entre as fertirrigações com 0 e 240 kg ha⁻¹ de N, atingindo renda máxima de R\$ 8.322,79 ha⁻¹ (Figura 10). Igualmente à produtividade de massa fresca e à renda bruta, para todas as doses de N estudadas, a renda líquida no plantio de inverno do milho para silagem foi significativamente superior à safra de verão (Tabela 16).

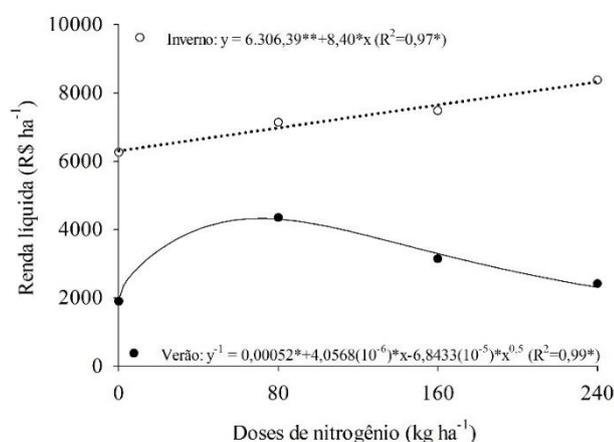


Figura 10 – Renda líquida de milho para silagem, fertirrigado com doses de nitrogênio em duas safras agrícolas no município de Canindé de São Francisco-SE, semiárido brasileiro. Mossoró-RN, UFERSA, 2018.

Tabela 16 – Valores médios de renda líquida da interação entre safras agrícolas e doses de nitrogênio via fertirrigação, na produção de milho para silagem em Canindé de São Francisco-SE, semiárido brasileiro. Mossoró-RN, UFERSA, 2018.

Safras	Doses de nitrogênio (kg ha ⁻¹)			
	0	80	160	240
	Renda líquida (R\$ ha ⁻¹)			
Verão	1.891,68 b ¹	4.345,42 b	3.141,57 b	2.414,59 b
Inverno	6.255,94 a	7.138,36 a	7.482,33 a	8.381,73 a

¹Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

De maneira geral, foram gastos, em média, R\$ 222,28 (verão) e R\$ 178,45 (inverno) por tonelada de forragem de milho ensacada. Quando se aplicou 80 kg ha⁻¹ de N via fertirrigação na safra de verão, o custo da tonelada reduziu para R\$ 191,63, ou seja, valor próximo à média de inverno, que, por sua vez, não variou entre os tratamentos. Todos os custos relativos à produção de massa verde foram inferiores aos preços de venda praticados na região: R\$ 350,00 (verão) e R\$ 400,00 (inverno) por tonelada, demonstrando que a renda líquida da atividade foi sempre positiva, porém mais lucrativa no cultivo de inverno.

Para a produção de silagem de milho no verão, a taxa de retorno (1,82) e o índice de lucratividade (45,52%) foram máximos quando as plantas foram fertirrigadas com 56,04 e 58,92 kg ha⁻¹ de N, respectivamente (Figura 11). Por outro lado, na safra de inverno, a fertirrigação nitrogenada não influenciou a taxa de retorno (média de 2,24) e o índice de lucratividade (média de 55,22%), pois a produtividade e as rendas (bruta e líquida) aumentaram linearmente com as doses crescentes de N (Figura 8, Figura 9 e Figura 10), com lucro proporcional ao capital investido (mesmo custo por tonelada).

Avaliando a interação das safras em função das doses de N, tem-se que as taxas de retorno e os índices de lucratividade obtidos no inverno foram superiores àqueles encontrados no cultivo de verão do milho (Tabela 17). Em três níveis de cultivo de milho para produção de silagem em Tehran, província do Irã, Komleh et al. (2011) verificaram médias de taxa de retorno e índice de lucratividade de 1,57 e 36,13% para pequenas, médias e grandes fazendas, respectivamente. Os autores afirmaram que uma melhor gestão de insumos, como fertilizantes e sementes, pode aumentar a relação custo-benefício da atividade.

A taxa de retorno e o índice de lucratividade consistem em equações que associam os custos de produção, a renda bruta e o lucro, sendo, assim, variáveis que podem auxiliar o agricultor na tomada de decisão quanto à necessidade de capital para investimento, bem como permite ao mesmo vislumbrar a possibilidade de retorno econômico. Enquanto os custos de

produção pouco variaram entre as épocas de cultivo (Tabela 15 e APÊNDICE B), a renda bruta foi bastante superior no inverno em consequência das altas produtividades de massa fresca (Tabela 14). Essa relação tornou a lucratividade mais atrativa para a produção do milho no período de temperaturas mais baixas.

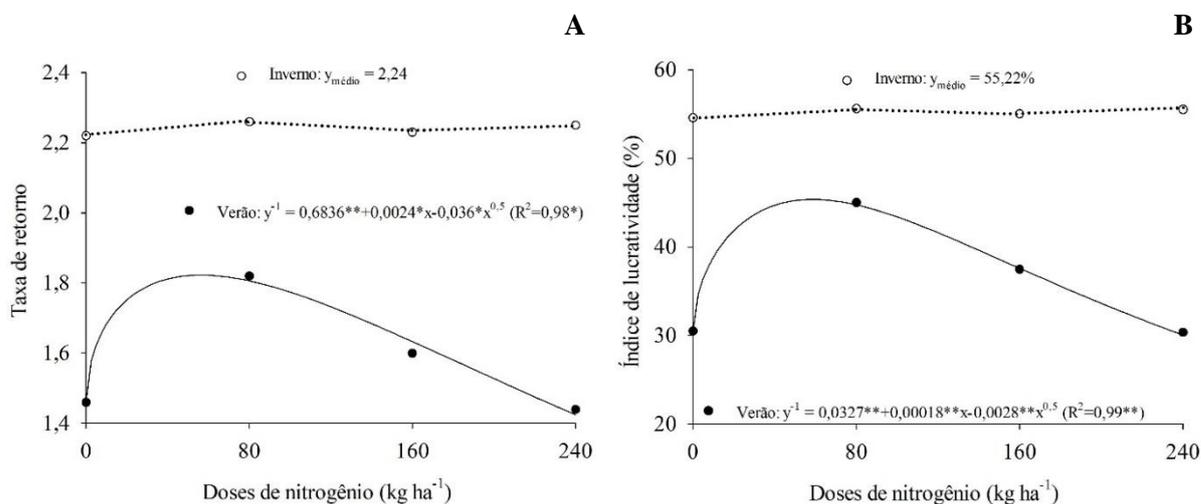


Figura 11 – Taxa de retorno (A) e índice de lucratividade (B) de milho para silagem, fertirrigado com doses de nitrogênio em duas safras agrícolas no município de Canindé de São Francisco-SE, semiárido brasileiro. Mossoró-RN, UFERSA, 2018.

Tabela 17 – Valores médios de taxa de retorno e índice de lucratividade da interação entre safras agrícolas e doses de nitrogênio via fertirrigação, na produção de milho para silagem em Canindé de São Francisco-SE, semiárido brasileiro. Mossoró-RN, UFERSA, 2018.

Saфра	Doses de nitrogênio (kg ha ⁻¹)			
	0	80	160	240
Taxa de retorno				
Verão	1,46 b ¹	1,82 b	1,60 b	1,44 b
Inverno	2,22 a	2,26 a	2,23 a	2,25 a
Índice de lucratividade (%)				
Verão	30,51 b	45,03 b	37,48 b	30,36 b
Inverno	54,61 a	55,64 a	55,06 a	55,55 a

¹Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Nesse sentido, seria recomendada menor dose de N na safra de verão (71,14 kg ha⁻¹), tendo em vista que as temperaturas elevadas no período reduziram a eficiência da adubação nitrogenada (volatilização da NH₃), além de terem prejudicado o potencial produtivo do milho devido ao pendoamento mais precoce (Figura 1). As condições meteorológicas do inverno

favoreceram o emprego de doses mais elevadas de N via fertirrigação, com respostas positivas ao desenvolvimento da parte aérea do milho e à lucratividade da produção de silagem.

4.3 GRÃOS SECOS

4.3.1 Variáveis agronômicas

Na Tabela 18 se encontra o resumo da análise conjunta de variância para as variáveis: altura da planta, altura de inserção da espiga, diâmetro do colmo, massa de 100 grãos e produtividade de grãos. Observou-se interação entre doses de N e safras agrícolas apenas para a altura da planta.

Tabela 18 – Resumo da análise conjunta de variância (valores de F) para altura da planta (AP), altura de inserção da espiga (AIE), diâmetro do colmo (DC), massa de 100 grãos (M100G) e produtividade de grãos (PG) de milho fertirrigado com doses de nitrogênio em duas safras agrícolas no município de Canindé de São Francisco-SE, semiárido brasileiro. Mossoró-RN, UFERSA, 2018.

Causas de variação	GL	F				
		AP	AIE	DC	M100G	PG
Blocos (Safras)	6	0,65 ns	0,77 ns	0,32 ns	1,73 ns	0,88 ns
Doses	3	7,12**	4,16*	12,89**	4,78*	8,11**
Safras	1	128,09**	57,41**	2,38 ns	73,77**	56,59**
Doses x Safras	3	3,41*	1,90 ns	1,20 ns	1,28 ns	1,53 ns
CV (%)		5,08	9,07	6,09	6,30	15,47
Média geral		167,09 cm	95,12 cm	20,63 mm	28,52 g	4.883,31 kg ha ⁻¹

ns: não significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F; **: significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F; *: significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F; GL: graus de liberdade; CV: coeficiente de variação.

Na safra de verão, a máxima altura da planta foi obtida com a aplicação da dose de 71,86 kg ha⁻¹ de N, tendo-se constatado uma variação de 134,48 cm (testemunha) a 164,69 cm (Figura 12). No cultivo de inverno, a altura da planta alcançou valor máximo de 186,04 cm na dose de 112,09 kg ha⁻¹ de N, apenas 6,16 cm superior à ausência de fertirrigação nitrogenada (Figura 12). Para todas as doses de N avaliadas, a altura da planta no inverno foi superior ao cultivo de verão (Tabela 19).

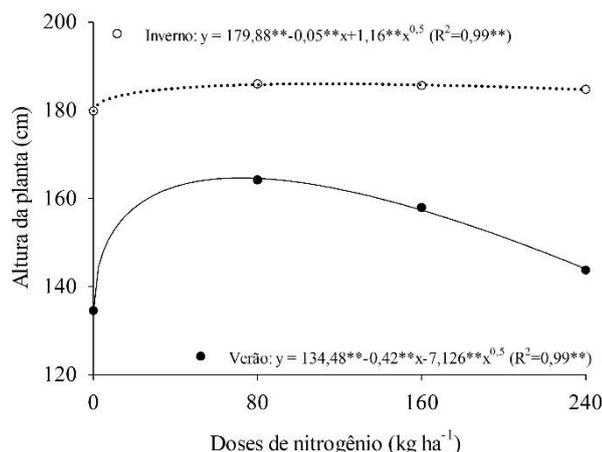


Figura 12 – Altura da planta de milho fertirrigado com doses de nitrogênio em duas safras agrícolas no município de Canindé de São Francisco-SE, semiárido brasileiro. Mossoró-RN, UFERSA, 2018.

Tabela 19 – Valores médios de altura da planta de milho da interação entre safras agrícolas e doses de nitrogênio via fertirrigação, na produção de grãos secos no município de Canindé de São Francisco-SE, semiárido brasileiro. Mossoró-RN, UFERSA, 2018.

Safras	Doses de nitrogênio (kg ha ⁻¹)			
	0	80	160	240
	Altura da planta (cm)			
Verão	134,53 b ¹	164,23 b	157,97 b	143,73 b
Inverno	179,87 a	186,00 a	185,63 a	184,80 a

¹Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

A redução na altura da planta a partir das doses de 71,86 kg ha⁻¹ (verão) e 112,09 kg ha⁻¹ de N (inverno) pode ter sido ocasionada pela baixa recuperação aparente do N aplicado (COELHO et al., 1992; FERNANDES, L. A. et al., 1999; AMADO et al., 2013). A fertirrigação com alta dose de N em um solo com pH acima de 6,50 (Tabela 1) provavelmente potencializou a volatilização de NH₃ a partir da aplicação da ureia, sobretudo na safra de verão, cuja temperatura média do ar foi 2,90 °C acima da observada no inverno (24,94 °C), conforme apresentado na Figura 1 (CLAY; MALZER; ANDERSON, 1990; LIU; LI; ALVA, 2007; MA et al., 2010; TASCIA et al., 2011). A fim de diminuir essas perdas de N, poderia ser recomendado aumentar a frequência (parcelamento) da fertirrigação (SAMPATHKUMAR; PANDIAN, 2010; KUMAR et al., 2016), reduzir a dose de N por aplicação (TASCIA et al. 2011; HE et al., 2012) e/ou utilizar outras fontes nitrogenadas, como sulfato de amônio ou nitrato de amônio (VITTI et al., 2007).

Estudando a adubação nitrogenada em três cultivares de milho no período chuvoso de Mossoró (média de 27,34 °C e precipitação de 405,65 mm), semiárido do Rio Grande do Norte,

Souza (2017) verificou que a altura da planta variou entre 204 e 209 cm (ausência de adubação com N) e entre 212 e 247 cm (90 kg ha^{-1} de N), com efeito significativo da dose apenas para cultivar Truck. Esses resultados foram superiores aos encontrados no semiárido sergipano, devido aos maiores teores de fósforo ($210,83 \text{ mg dm}^3$) e potássio ($0,52 \text{ cmol}_c \text{ dm}^3$) no solo, bem como pela adubação de fundação com 40 kg de P_2O_5 e 40 kg de K_2O .

Nos Tabuleiros Costeiros de Alagoas, Cruz, S. C. S. et al. (2008) avaliaram doses de N na cultura do milho em vários genótipos e observaram que níveis de adubação nitrogenada acima de 90 kg ha^{-1} ($1,69 \text{ cm}$) não contribuíram para o aumento da altura da planta. Na mesma região de estudo e sob temperatura média do ar de $24,20 \text{ }^\circ\text{C}$, Lyra et al. (2014) obtiveram variação de $173,10 \text{ cm}$ (0 kg ha^{-1} de N) a $201,00 \text{ cm}$ (100 kg ha^{-1} de N) no milho híbrido Pioneer 30F35, salientando que a dose ótima para a variável em questão está diretamente relacionada com o genótipo utilizado e com as condições edafoclimáticas, que, juntamente com a suficiência nutricional, podem contribuir para que a cultura expresse seu máximo potencial.

Houve efeitos isolados das doses de N para altura de inserção da espiga, diâmetro do colmo, massa de 100 grãos e produtividade de grãos (Tabela 18). Com relação à variável altura de inserção da espiga, verificou-se, na dose ótima de $70,09 \text{ kg ha}^{-1}$ de N ($101,95 \text{ cm}$), um acréscimo estimado de $15,57\%$ em referência à testemunha (Figura 13A). Plantas com altura e inserção de espigas mais altas apresentam vantagens na colheita (CAMPOS et al., 2010).

Na cidade de Crato, semiárido do Ceará, Soares et al. (2017) também encontraram altura média de inserção da espiga de 101 cm no milho Bt Feroz quando cultivado sob temperaturas médias de $24,6$ a $26,5 \text{ }^\circ\text{C}$ e adubação nitrogenada com 110 kg ha^{-1} de N, resultado semelhante ao obtido nas condições de inverno de Canindé de São Francisco-SE. Por outro lado, Araújo, L. S. et al. (2016) relataram que o híbrido Feroz alcançou altura de inserção da espiga de 124 cm , quando adubado com 144 kg ha^{-1} de N, no verão de Urutaí-GO (temperatura média de $24,5 \text{ }^\circ\text{C}$). Esses dados reforçam a discussão de Lyra et al. (2014), cujo máximo potencial da altura do milho frente à doses crescentes de N depende da interação genótipo e ambiente.

Para diâmetro de colmo (Figura 13B), não houve ajuste de curva de regressão, sendo o maior resultado médio observado na dose de 80 kg ha^{-1} de N ($22,13 \text{ mm}$). Entre a ausência de fertirrigação nitrogenada e o nível de 80 kg ha^{-1} de N, houve um incremento de $20,47\%$ nessa característica. Normalmente, o diâmetro do colmo apresenta correlação positiva com a produtividade de grãos por atuar também como um órgão de reserva da planta (LOURENTE et al., 2007; CRUZ, S. C. S. et al., 2008), atuando como estrutura de armazenamento de sólidos solúveis que serão utilizados posteriormente na formação de grãos (FANCELLI; DOURADO NETO, 2004).

Em relação à massa de 100 grãos, o modelo de equação de regressão que melhor se ajustou às doses de N aplicadas foi o quadrático, com ponto de máximo (29,58 g) alcançado na dose estimada de 190,24 kg ha⁻¹ de N, decrescendo, em seguida, até a maior dose avaliada (Figura 13C). Resposta semelhante também foi verificada para o teor de N na folha diagnóstica (Figura 2A), indicando que uma planta bem nutrida em N apresenta maior acúmulo de massa nos grãos, uma vez que o nutriente é translocado em quantidades adequadas (ULGER; BECKER; KAHNT, 1995; SORATTO et al., 2010).

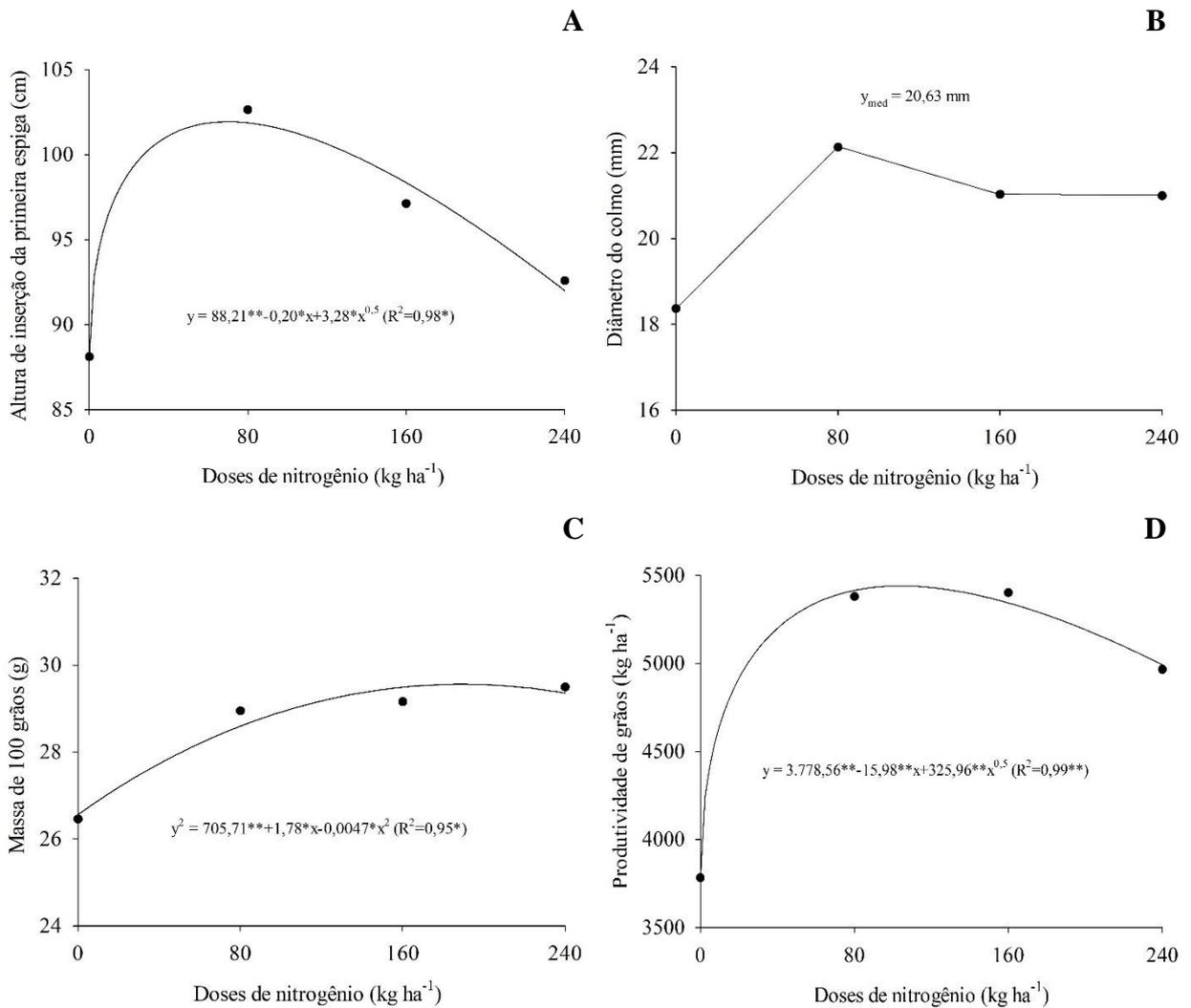


Figura 13 – Altura de inserção da espiga (A), diâmetro do colmo (B), massa de 100 grãos (C) e produtividade de grãos (D) de milho fertirrigado com doses de nitrogênio no município de Canindé de São Francisco-SE, semiárido brasileiro. Mossoró-RN, UFERSA, 2018.

As respostas da massa de 100 grãos à adubação nitrogenada têm sido muito variáveis, a exemplo disto, Valderrama et al. (2011) não verificaram efeito das doses de N (0 a 120 kg ha⁻¹) na massa de 100 grãos do milho cv. DKB 390 (média de 34,18 g), em Selvíria-MS. Por outro

lado, no mesmo município, Galindo et al. (2017) relataram que os dados dessa característica no milho cv. DKB 350 se ajustaram a uma equação linear positiva até a dose de 200 kg ha⁻¹ de N (31,10 g), enquanto Fernandes, F. C. S. et al. (2005), avaliando a adubação nitrogenada em seis cultivares de milho, obtiveram equação quadrática com valor máximo de massa de 100 grãos (28,12 g) na adubação com 140 kg ha⁻¹ de N. Esses dados ressaltam que a massa específica de grãos é influenciada pelo genótipo e disponibilidade de nutrientes, principalmente durante os estágios de enchimento dos grãos (OHLAND et al., 2005).

Na Figura 13D, verifica-se que a dose ótima de 104,05 kg ha⁻¹ de N promoveu produtividade máxima de grãos de 5.441,03 kg ha⁻¹, decrescendo, em seguida, até a maior dose (redução de 7,19%). As plantas que não receberam adubação nitrogenada apresentaram menor produtividade (3.778,56 kg ha⁻¹), com decréscimo de 44% em relação às plantas que receberam a dose estimada que proporcionou valor superior de produtividade.

Esses decréscimos podem ser atribuídos ao fato de que a eficiência das doses de N diminui em função de sua elevação (FERNANDES, L. A. et al., 1999; FERNANDES, F. C. S. et al., 2005; FARINELLI; LEMOS, 2010, 2012; MOTA et al., 2015; SANGOI et al., 2015), pois podem exceder as necessidades da cultura, em sintonia com a Lei do Máximo (o excesso de um nutriente limita ou prejudica a produção), além de favorecer perdas por NH₃. Em relação à produção de grãos secos, maiores doses de N também causaram um consumo de luxo pela planta (MELO; CORÁ; CARDOSO, 2011), pois a mesma aumentou o teor de N na folha diagnóstica até a dose de 173,58 kg ha⁻¹ de N (Figura 2A) e diminuiu a produtividade de grãos a partir de 104,05 kg ha⁻¹ de N (Figura 13D).

Destaca-se, ainda, que apesar da safra de inverno ter apresentado maiores produtividades de massas fresca e seca na dose de 240 kg ha⁻¹ de N (Figura 8 e Tabela 12), este tratamento não apresentou maior produtividade de grãos (Figura 13D), indicando que a aplicação de altos níveis de N-ureia, em condições ambientais que reduzem a volatilização de NH₃ (temperaturas baixas e umidade elevada), pode estimular a mudança do dreno, ou seja, haver maior desenvolvimento de folhas e/ou colmo com menor translocação dos carboidratos acumulados para produção de grãos.

Em vários estudos realizados sob as mais diversas condições ambientais do Brasil, ao avaliar as doses de N em milho, os autores obtiveram respostas quadráticas para produtividade física de grãos, com doses ótimas estimadas em 92 kg ha⁻¹ (FARINELLI; LEMOS, 2010), 110 kg ha⁻¹ (LUCENA et al., 2000; FERNANDES, F. C. S. et al., 2005), 120 kg ha⁻¹ (MELO; CORÁ; CARDOSO, 2011), 150 kg ha⁻¹ (FERNANDES, L. A. et al., 1999; GOMES et al., 2007; FARINELLI; LEMOS, 2012), 180 kg ha⁻¹ (VELOSO et al., 2006), 188 kg ha⁻¹ (COELHO et

al., 1992; LYRA et al., 2014) e 201,2 kg ha⁻¹ de N (FERREIRA et al., 2001). Por outro lado, há trabalhos que encontraram efeitos lineares positivos das doses de N sobre a produtividade de grãos até as doses de 120 kg ha⁻¹ (SOUZA; SORATTO, 2006; CRUZ, S. C. S. et al., 2008; VALDERRAMA et al., 2011), 150 kg ha⁻¹ (AMARAL FILHO et al., 2005), 160 kg ha⁻¹ (VILELA et al., 2012), 175 kg ha⁻¹ (DUETE et al., 2008) e 240 kg ha⁻¹ de N (ARAÚJO; FERREIRA; CRUZ, 2004; OLIVEIRA et al., 2016).

Em trabalhos com milho irrigado em Mossoró-RN, Silva, G. F. et al. (2014) tiveram máxima produtividade estimada de grãos (7.480,00 kg ha⁻¹) na dose recomendada de 88 kg ha⁻¹ de N para produção do híbrido AG 1051. Na mesma cidade e semeando igual cultivar, Silva, P. S. L. et al. (2010, 2015) e Monteiro, A. L. et al. (2016) alcançaram produtividades médias de grãos de 5.094,00; 6.264,00 e 6.332,00 kg ha⁻¹, respectivamente, com a dose de 120 kg ha⁻¹ de N. As altas produtividades em relação ao presente trabalho podem ser justificadas pelo uso do sulfato de amônio ao invés da ureia (LARA CABEZAS et al., 2005; BARROS et al., 2016), reduzindo as possíveis perdas de N por volatilização de NH₃ (VITTI et al., 2007) e disponibilizando enxofre, além do emprego de adubação fosfatada (60 a 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅) e potássica (30 a 50 kg ha⁻¹ K₂O) em fundação.

As safras agrícolas também influenciaram isoladamente a altura de inserção da espiga, a massa de 100 grãos e a produtividade de grãos (Tabela 18). Para essas características, o cultivo do milho no inverno proporcionou resultados médios superiores à safra de verão (Tabela 20).

Tabela 20 – Valores médios de altura de inserção da espiga (AIE), massa de 100 grãos (M100G), produtividade de grãos (PG) de grãos secos de milho em duas safras agrícolas no município de Canindé de São Francisco-SE, semiárido brasileiro. Mossoró-RN, UFERSA, 2018.

Safra	AIE (cm)	M100G (g)	PG (kg ha ⁻¹)
Verão	83,56 b ¹	25,79 b	3.878,80 b
Inverno	106,67 a	31,25 a	5.887,82 a

¹Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

As temperaturas médias do ar mais elevadas no verão (Figura 1) podem ter contribuído para diminuição no acúmulo de N (Tabela 3), com prejuízo ao desempenho agrônômico do milho (Tabela 20), uma vez que as condições meteorológicas do período reduziram o ciclo vegetativo da cultura para apenas 53 dias (plantio ao florescimento masculino), enquanto, no inverno, o pendoamento ocorreu aos 59 dias após a semeadura (Figura 1). A deficiência de nutrientes no estágio de desenvolvimento vegetativo do milho pode reduzir seriamente o número potencial de grãos e o tamanho das espigas a serem colhidas, sendo o potencial desses

dois fatores de produção relacionado com o período de tempo disponível para o estabelecimento deles (MAGALHÃES; DURÃES, 2006).

A ocorrência de temperaturas médias noturnas inferiores a 24 °C contribui para diminuir a respiração celular. Quando ocorrem durante a fase de enchimento de grãos, ou seja, do florescimento feminino (R1) até a maturidade fisiológica (R6), essas temperaturas amenas promovem maior acúmulo e translocação de foto assimilados e, conseqüentemente, possibilitam maior deposição de matéria seca nos grãos (FANCELLI; DOURADO NETO, 2004; ZHOU et al., 2017), como verificado nas condições da safra de inverno (Figura 1).

Diante da discussão dos resultados de desempenho agrônômico, verifica-se que o potencial produtivo do milho para grãos secos pode ser incrementado com o uso de doses ideais de N e plantio de cultivares melhoradas em condições meteorológicas benéficas à eficiência de utilização do N pelas plantas. Apesar de doses crescentes de N promoverem maior produtividade de grãos no milho, principalmente no inverno, há a possibilidade de não serem economicamente viáveis (SOUZA; BUZETTI; MOREIRA, 2015).

4.3.2 Variáveis econômicas

De acordo com a análise conjunta das variáveis renda bruta e taxa de retorno da produção de grãos secos de milho, observaram-se efeitos isolados das doses de N e das safras agrícolas (Tabela 21).

Tabela 21 – Resumo da análise conjunta de variância (valores de F) para renda bruta e taxa de retorno de milho fertirrigado com doses de nitrogênio em duas safras agrícolas no município de Canindé de São Francisco-SE, semiárido brasileiro. Mossoró-RN, UFERSA, 2018.

Causas de variação	GL	F	
		Renda bruta	Taxa de retorno
Blocos (Safras)	6	0,88 ns	0,86 ns
Doses	3	8,11**	5,27**
Safras	1	56,59**	68,95**
Doses x Safras	3	1,53 ns	2,45 ns
CV (%)		15,47	14,14
Média geral		R\$ 5.371,64 ha ⁻¹	1,31

ns: não significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F; **: significativo a 1 % de probabilidade, pelo teste F; GL: graus de liberdade; CV: coeficiente de variação.

A renda bruta na produção de um hectare de milho para grãos secos teve comportamento estatístico semelhante à produtividade de grãos (Tabela 18 e Tabela 21), ou seja, houve incremento na renda até a dose de 104,05 kg ha⁻¹ de N (R\$ 5.985,13 ha⁻¹), com posterior redução até a dose de 240 kg ha⁻¹ de N, e a safra de inverno (R\$ 6.476,60 ha⁻¹) teve valor bruto dos grãos superior ao plantio de verão (R\$ 4.266,68 ha⁻¹), conforme apresentado na Figura 14 e Tabela 22, respectivamente.

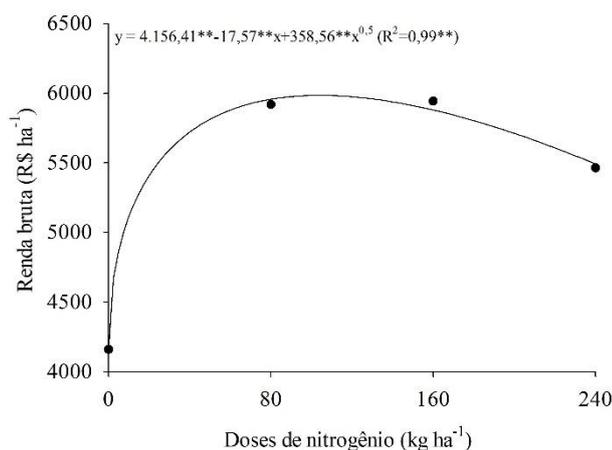


Figura 14 – Renda bruta de milho fertirrigado com doses de nitrogênio no município de Canindé de São Francisco-SE, semiárido brasileiro. Mossoró-RN, UFERSA, 2018.

Tabela 22 – Valores médios de renda bruta de grãos secos de milho em duas safras agrícolas no município de Canindé de São Francisco-SE, semiárido brasileiro. Mossoró-RN, UFERSA, 2018.

Safra	Renda bruta (R\$ ha ⁻¹)
Verão	4.266,68 b ¹
Inverno	6.476,60 a

¹Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

A quebra de produtividade do milho segunda safra em 2015/16, devido à irregularidade das chuvas nos grandes centros produtores (CONAB, 2017b), aumentou, consideravelmente, o preço do milho no semiárido nordestino, como no Alto Sertão de Sergipe, cujo preço da saca atingiu R\$ 66,00 nas colheitas experimentais de verão e inverno, refletindo positivamente na renda bruta da lavoura.

Conforme Duete et al. (2009), mesmo em regiões onde os produtores obtêm bons preços do milho, se a produtividade for baixa, a rentabilidade estará comprometida. Assim, o investimento em práticas de gestão, como a adubação balanceada de N, melhora a produtividade de grãos e a margem bruta da colheita do milho, independentemente da localização (GALINDO et al., 2017).

Na Tabela 23 e no APÊNDICE C, estão os custos totais na produção de um hectare de milho para grãos secos em função de doses de N via fertirrigação e das safras agrícolas, em Canindé de São Francisco-SE. Os custos totais foram estimados em: R\$ 3.445,88 ha⁻¹ (ausência de adubação nitrogenada), R\$ 3.975,20 ha⁻¹ (80 kg ha⁻¹ de N), R\$ 4.234,45 ha⁻¹ (160 kg ha⁻¹ de N) e R\$ 4.484,53 ha⁻¹ (240 kg ha⁻¹ de N) para a safra de verão; e R\$ 3.644,59 ha⁻¹ (ausência de adubação nitrogenada), R\$ 3.976,22 ha⁻¹ (80 kg ha⁻¹ de N), R\$ 4.256,32 ha⁻¹ (160 kg ha⁻¹ de N) e R\$ 4.452,14 ha⁻¹ (240 kg ha⁻¹ de N) na safra de inverno.

Tabela 23 – Componentes dos custos totais na produção de um hectare de milho para grãos secos, fertirrigado com doses de nitrogênio (N) em duas safras agrícolas no município de Canindé de São Francisco-SE, semiárido brasileiro. Mossoró-RN, UFERSA, 2018.

(continua)

Discriminação	Unid.	Verão		Inverno	
		Quant.	R\$	Quant.	R\$
I – Despesas de custeio da lavoura					
1 – Aluguel de máquinas					
Trator com grade aradora	h	2,00	220,00	2,00	220,00
Trator com debulhadora de milho	saco	67,87	203,61	97,70	293,10
2 – Mão de obra					
Distribuição das fitas gotejadoras	diária	2,00	80,00	2,00	80,00
Plantio manual com matraca	diária	1,00	40,00	1,00	40,00
Irrigação ou fertirrigação	h	42,33	211,65	29,83	149,15
Pulverização (herbicida)	diária	1,00	40,00	1,00	40,00
Colheita manual de espigas	diária	6,00	240,00	6,00	240,00
Ensacamento dos grãos	diária	3,39	135,74	4,88	195,40
3 – Sementes					
Milho híbrido Bt Feroz	kg	15,00	417,40	15,00	391,40
4 – Fertilizantes					
Ureia (45% N) - 240 kg ha ⁻¹ de N	kg	533,34	800,01	533,34	693,34
Sulfato de zinco (21% Zn)	kg	9,53	34,69	9,53	34,69
5 – Agrotóxicos					
Atrazina (herbicida)	L	4,00	112,00	4,00	100,00
6 – Outros					
Análise de solo	unid.	1,00	52,00	1,00	59,00
Saco de rafia (60 kg)	unid.	67,87	47,51	97,70	68,39
Subtotal (A)			2.634,61		2.604,47
II – Outras despesas					
7 – Despesas administrativas (3% do custeio da lavoura)			79,04		78,13

Discriminação	(conclusão)	
	Verão	Inverno
II – Outras despesas	R\$	R\$
8 – Assistência técnica (2% do custeio da lavoura)	52,69	52,09
9 – Imposto territorial rural (R\$ 10,00 ano ⁻¹)	3,26	3,26
Subtotal (B)	134,99	133,48
III – Despesas financeiras		
10 – Juros do financiamento (7,49% ano ⁻¹)	64,34	63,60
Subtotal (C)	64,34	63,60
Custo variável (A+B+C=D)	2.833,94	2.801,55
IV – Depreciações		
11 – Depreciação de instalações*	520,68	520,68
Subtotal (E)	520,68	520,68
V – Outros custos fixos		
12 – Manutenção de instalações (1% ano ⁻¹)	21,69	21,69
Subtotal (F)	21,69	21,69
Custo fixo (E+F=G)	542,37	542,37
Custo operacional (D+G=H)	3.376,31	3.343,92
VI – Renda de fatores		
13 – Remuneração sobre o capital fixo (6% ano ⁻¹)	130,14	130,14
14 – Arrendamento (R\$ 3.000,00 ha ⁻¹ ano ⁻¹)	978,08	978,08
Subtotal (I)	1.108,22	1.108,22
Custo total (H+I=J)	Verão	Inverno
240 kg ha ⁻¹ de N	4.484,53	4.452,14
160 kg ha ⁻¹ de N	4.234,45	4.256,32
80 kg ha ⁻¹ de N	3.975,20	3.976,22
0 kg ha ⁻¹ de N	3.445,88	3.644,59

*10.000 m de fitas gotejadoras de polietileno de baixa densidade, com emissores espaçados em 0,20 m e diâmetro nominal de 16 mm (vida útil = 2 anos; valor do bem novo = R\$ 0,27 m⁻¹); tubos e conexões em PVC (vida útil = 16 anos; valor do bem novo = R\$ 3.952,80 ha⁻¹).

Os custos variáveis, fixos e de renda de fatores (oportunidade) para produção de um hectare de milho para grãos secos corresponderam, respectivamente, a média dos tratamentos: R\$ 2.408,07 ha⁻¹; R\$ 542,37 ha⁻¹ e R\$ 1.108,22 ha⁻¹ (Tabela 23 e APÊNDICE C). Valores superiores foram encontrados por Oliveira (2016), cuja soma dos custos de implantação de um hectare de milho para grãos secos em Mossoró-RN alcançou o valor de R\$ 6.882,27 ha⁻¹ no primeiro semestre de 2015 (produtividade média de 7.143,00 kg ha⁻¹), sendo os custos variáveis,

fixos e de oportunidade correspondentes a R\$ 5.450,76 ha⁻¹; R\$ 1.040,54 ha⁻¹ e R\$ 397,97 ha⁻¹, respectivamente. Estes resultados decorreram de maiores gastos com adubos (125 kg ha⁻¹ de N, 108 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 52,63 kg ha⁻¹ de K₂O), mão de obra para capinas e energia para irrigação.

O conjunto dos insumos (sementes, fertilizantes, herbicida e sacos de ráfia) representaram, em média, 33,69% (verão) e 31,07% (inverno) do custo operacional da lavoura (Tabela 23 e APÊNDICE C). Esses resultados destacam que os insumos (principalmente, fertilizantes e sementes) devem ser priorizados em decisões que visem à redução dos custos na produção de grãos de milho, como, por exemplo, a pesquisa antecipada de mercado, embora estratégias que diminuam todas as outras despesas também devem ser analisadas.

Em relação à despesa específica com a adubação nitrogenada no custo operacional, têm-se percentuais de 9,30% (80 kg ha⁻¹), 17,06% (160 kg ha⁻¹) e 23,69% (240 kg ha⁻¹) no cultivo de verão e 8,06% (80 kg ha⁻¹), 14,68% (160 kg ha⁻¹) e 20,73% (240 kg ha⁻¹) na safra de inverno (Tabela 23 e APÊNDICE C). A diminuição do preço da ureia (fonte de N) de R\$ 1,50 kg⁻¹ (verão) para R\$ 1,30 kg⁻¹ (inverno) foi o principal motivo para redução desse custo.

A escolha de outra fonte solúvel de N pode ser uma opção para o agricultor, pois, segundo Barros et al. (2016), o uso de 119 kg ha⁻¹ de N na forma de sulfato de amônio proporcionou maiores produtividade e renda à colheita do milho com dose inferior a da ureia (190 kg ha⁻¹ de N), compensando seu custo mais elevado, nas safras de 2014 e de 2015, em Umbaúba, região dos Tabuleiros Costeiros de Sergipe.

Os gastos com mão de obra corresponderam, em média, a 25,67 e 25,30% de participação nos custos operacionais das lavouras de verão e inverno, respectivamente (Tabela 23 e APÊNDICE C). Apesar de semelhantes, as despesas relativas à mão de obra se diferenciaram pelo tempo necessário para irrigação, em que a necessidade de água foi maior na safra de verão (42,33 h) quando comparada ao inverno (29,83 h), principalmente em função das altas temperaturas e falta de chuvas (Figura 1), e pela demanda por trabalhadores para ensacamento dos grãos, cuja safra de inverno (4,91 diárias) foi superior ao cultivo de verão (3,23 diárias) devido à elevada produtividade de grãos obtida nesta safra (Tabela 20).

Os valores de custos operacionais estão semelhantes aos encontrados por Galindo et al. (2017), que estudaram a viabilidade econômica do milho produzido em Selvíria-MS, nas safras de 2013/14 e 2014/15, sob adubação com 0 a 200 kg ha⁻¹ de N em cobertura. Os autores encontraram despesas operacionais entre R\$ 2.549,63 ha⁻¹ e R\$ 3.533,30 ha⁻¹, sendo que os maiores gastos foram com fertilizantes e operações mecanizadas, correspondendo a 31,30 e 28,90% do custo variável, respectivamente. O custo mais elevado do fertilizante decorreu do

uso de 400 kg ha⁻¹ do adubo 08-28-16 em fundação, juntamente com as doses crescentes de N-ureia. Por outro lado, as despesas com as operações mecanizadas foram inferiores às atividades equivalentes nesse experimento (aluguel de máquinas e mão de obra).

Como a irrigação utilizada foi por gotejamento, o agricultor também deve se preocupar com a vida útil das fitas gotejadoras (em média, dois anos), sendo necessário poupar R\$ 520,68 ha⁻¹ por safra de milho para grãos secos (Tabela 23 e APÊNDICE C), de modo que capitalize o valor das mangueiras para reposição à medida que ocorram entupimentos de emissores ou vazamentos diversos que prejudiquem a eficiência de aplicação de água e fertilizantes. Ao analisar economicamente safras de milho irrigado por pivô central, Kaneko et al. (2015) relataram depreciação de equipamentos de apenas R\$ 44,58 ha⁻¹ (1,83% do custo operacional total), em função de, provavelmente, considerarem menor custo do sistema de irrigação por unidade de área, associada a maior vida útil do bem em relação à irrigação por gotejamento.

O custo de oportunidade relacionado ao arrendamento do imóvel também foi significativo, pois correspondeu, em média, a 24,29% (R\$ 978,08 ha⁻¹) dos custos totais nas safras de verão e inverno (Tabela 23 e APÊNDICE C). O ciclo do milho para grãos secos se estendeu até 119 dias após o plantio (Figura 1), ocupando por mais tempo a área de cultivo quando comparado às colheitas do milho para grãos verdes (70 a 75 DAP) ou silagem (81 a 91 DAP).

A importância dessa informação auxilia o agricultor na tomada de decisão quanto ao planejamento da rotação e/ou sucessão de culturas em áreas irrigadas e necessidade de amortização do investimento, pois um maior ciclo de cultivo estenderá o prazo para remuneração da atividade. Apesar de importante, vários trabalhos sobre análise econômica no cultivo do milho não desprezaram a renda de fatores (remuneração sobre o capital fixo e arrendamento) nos custos de produção (DUETE et al., 2009; GARCIA et al., 2012; SOUZA et al., 2012; KANEKO et al., 2010, 2015; KAPPES et al., 2015; GALINDO et al., 2017).

Em relação às rendas líquidas e índices de lucratividade da safra de verão, observa-se na Tabela 24 que os coeficientes de variação do teste F não foram aceitáveis (acima de 30%). Na safra de verão, o lucro foi negativo nos tratamentos de 0 e 240 kg ha⁻¹ de N (Tabela 25). No inverno, foi verificado que as doses de N não influenciaram a renda líquida e o índice de lucratividade, sendo as médias iguais a R\$ 2.394,29 ha⁻¹ e 36,52%, respectivamente, e com valores positivos independentemente da dose (Tabela 25).

Avaliando doses de N-ureia (0 a 150 kg ha⁻¹) em cobertura no milho, Gomes et al. (2007) obtiveram renda líquida negativa para a maioria dos tratamentos avaliados. Por sua vez, Galindo et al. (2017) atingiram lucros positivos na safra 2013/14 e negativos na safra 2014/15,

justificando esta diferença em função dos fatores meteorológicos nos períodos de cultivo (altas temperaturas e baixa precipitação), mesmo com irrigação, enfatizando que a produtividade do milho é influenciada por vários fatores meteorológicos, inclusive quando o suprimento hídrico está adequado.

Tabela 24 – Resumo da análise de variância individual (valores de F) para renda líquida (RL) e índice de lucratividade (IL) de grãos secos de milho fertirrigado com doses de nitrogênio nas safras de verão e de inverno no município de Canindé de São Francisco-SE, semiárido brasileiro. Mossoró-RN, UFERSA, 2018.

Causas de variação	GL	F			
		Verão		Inverno	
		RL	IL	RL	IL
Blocos	3	1,06 ns	0,90 ns	0,49 ns	0,56 ns
Doses	3	4,07*	3,22 ns	1,74 ns	2,11 ns
CV (%)		383,83	-623,08	24,56	15,16
Média geral		R\$ 231,67 ha ⁻¹	-5,62%	R\$ 2.394,29 ha ⁻¹	36,52%

ns: não significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F; *: significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F; GL: graus de liberdade; CV: coeficiente de variação.

Tabela 25 – Valores médios de produtividade de grãos (PG), renda bruta (RB), custos totais (CT), renda líquida (RL), taxa de retorno (TR) e índice de lucratividade (IL) na produção de um hectare de milho para grãos secos, fertirrigado com doses de nitrogênio em duas safras agrícolas no município de Canindé de São Francisco-SE, semiárido brasileiro. Mossoró-RN, UFERSA, 2018.

Doses de N	Safra	PG	RB	CT	RL	TR	IL
kg ha ⁻¹		kg ha ⁻¹	-----R\$ ha ⁻¹ -----				%
0	Verão	2.317,49	2.549,24	3.445,88	-896,64	0,74	-50,70
	Inverno	5.248,37	5.773,20	3.644,59	2.128,61	1,58	36,43
80	Verão	4.696,34	5.165,98	3.975,20	1.190,78	1,30	20,96
	Inverno	6.064,74	6.671,21	3.976,22	2.694,99	1,68	39,98
160	Verão	4.429,14	4.872,05	4.234,45	637,60	1,15	8,74
	Inverno	6.376,23	7.013,86	4.256,32	2.757,54	1,65	38,77
240	Verão	4.072,23	4.479,45	4.484,53	-5,08	1,00	-1,47
	Inverno	5.861,95	6.448,14	4.452,14	1.996,00	1,45	30,91

De acordo com a Tabela 25, nas safras de verão e inverno, a renda líquida e o índice de lucratividade foram mais elevados usando 80 kg ha⁻¹ de N. No cultivo de inverno, mesmo sem adubação nitrogenada em cobertura, houve alta produtividade com baixos custos, possibilitando elevado retorno financeiro (R\$ 2.128,61 ha⁻¹ e 36,43%). Possivelmente, no inverno, as condições meteorológicas benéficas (Figura 1) e a maior fertilidade natural do solo (Tabela 1)

atenderam às necessidades do milho para expressão de elevada produtividade (5.248,37 kg ha⁻¹), mesmo sem adubação com NPK. Resultados semelhantes foram obtidos por Kaneko et al. (2015), em que o índice de lucratividade variou entre 39,23 a 42,36% em duas safras de milho (2011/12), sob ausência de N-ureia em cobertura. Porém, houve adubação de plantio com 32 e 24 kg ha⁻¹ de N na primeira e segunda safra, respectivamente, através da fórmula 08-28-16.

Analisando economicamente os efeitos da adubação nitrogenada na cultura do milho irrigado, Silva, Buzetti e Lazarini (2005) verificaram que o índice de lucratividade subiu de 17,37% (ausência de adubação com N) para 20,17% (120 kg ha⁻¹ de N), resultado que reforça a importância do gerenciamento da adubação nitrogenada para aumento da rentabilidade de grãos secos de milho.

Para taxa de retorno, isto é, a relação entre a renda bruta e os custos totais de produção, houve efeitos isolados das doses de N e das safras agrícolas (Tabela 21), estimando-se valor máximo de 1,48 reais por real investido, quando as plantas de milho foram fertirrigadas com 66,49 kg ha⁻¹ de N (Figura 15). Na Tabela 26, observa-se que a taxa de retorno obtida na safra de inverno (1,59) foi superior ao cultivo de verão (1,04).

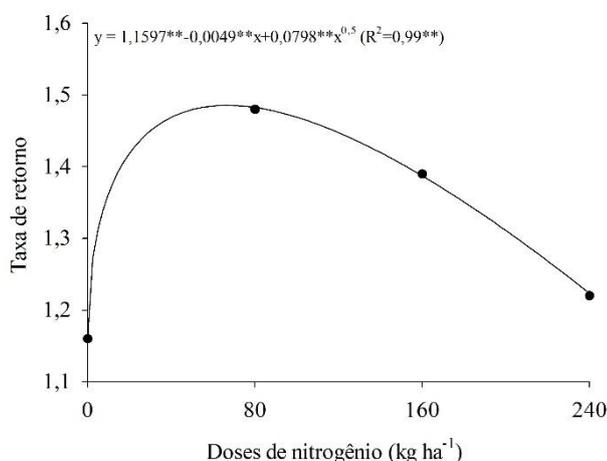


Figura 15 – Taxa de retorno de milho fertirrigado com doses de nitrogênio no município de Canindé de São Francisco-SE, semiárido brasileiro. Mossoró-RN, UFERSA, 2018.

Tabela 26 – Valores médios de taxa de retorno de grãos secos de milho em duas safras agrícolas no município de Canindé de São Francisco-SE, semiárido brasileiro. Mossoró-RN, UFERSA, 2018.

Safra	Taxa de retorno
Verão	1,04 b ¹
Inverno	1,59 a

¹Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Ao representar o custo benefício da atividade, a taxa de retorno expressa informações sobre a renda bruta e sua relação com as despesas, permitindo que o produtor rural escolha práticas culturais mais rentáveis e que, muitas vezes, promovam menor impacto ambiental. Os resultados econômicos demonstraram que a redução do uso do adubo nitrogenado na cultura do milho se traduziu em menor capital para investimento, ao mesmo tempo em que esteve associada ao maior retorno econômico e a menores riscos de lixiviação de NO_3^- (WANG; LI; LI, 2014) e volatilização de NH_3 (TASCA et al., 2011). Em cultivo irrigado de milho e sob adubação com 0 a 200 kg ha^{-1} de N, Souza et al. (2012) também obtiveram máximas taxas de retorno com dose reduzida: 50 kg ha^{-1} de N, com ureia em cobertura (1,37 na safra 2007/08 e 1,08 em 2008/09).

De maneira geral, os menores preços de equilíbrio (valor mínimo por saca para cobrir os custos totais) na produção de grãos de milho foram de R\$ 50,79 por saca no verão e R\$ 39,34 por saca no inverno, quando o milho foi fertirrigado com 80 kg ha^{-1} de N (Tabela 25). Esses custos foram inferiores ao preço de venda dos grãos do milho em ambas as safras (R\$ 66,00 saca^{-1}), demonstrando que houve viabilidade econômica da atividade nas condições de mercado da presente pesquisa e que os maiores valores absolutos de rendas líquidas, taxas de retorno e índices de lucratividade foram alcançados no plantio de inverno (Tabela 25). Caso o preço de mercado da saca estivessem abaixo dos acima citados, recomendar-se-ia ao agricultor cultivar o milho para espigas verdes/silagem ou escolher outra cultura com maior potencial de rentabilidade.

A produtividade e o retorno econômico são fortemente associados às doses de N em diferentes safras e locais, um resultado que enfatiza a importância do conhecimento dos custos e da análise de rentabilidade sobre a adubação nitrogenada do milho (GALINDO et al., 2017). A fertirrigação com doses de N combina custos acessíveis e altas rentabilidades à colheita do milho, sobretudo para espigas verdes e/ou silagem. Por esta razão, a fertirrigação nitrogenada vem sendo cada vez mais adotada pelos agricultores rurais.

5 CONCLUSÕES

Para milho verde, os maiores números de espigas comercializáveis foram alcançados com 152,52 kg ha⁻¹ de N no verão (41.183,84 espigas ha⁻¹) e 190,31 kg ha⁻¹ de N no inverno (53.291,25 espigas ha⁻¹). A renda líquida atingiu valores máximos de R\$ 13.473,50 ha⁻¹ (verão) e R\$ 18.266,30 ha⁻¹ (inverno), quando aplicadas fertirrigações com 146,58 e 185,83 kg ha⁻¹ de N, respectivamente.

Na safra de verão do milho para silagem, a produtividade de massa fresca (26,92 t ha⁻¹) e a renda líquida (R\$ 4.318,94 ha⁻¹) foram máximas quando as plantas foram fertirrigadas com 87,62 e 71,14 kg ha⁻¹ de N, respectivamente. No inverno, a produtividade de massa fresca (38,14 t ha⁻¹) e a renda líquida (R\$ 8.322,79 ha⁻¹) do milho para silagem aumentaram até a dose de 240 kg ha⁻¹ de N.

Independente das safras, a produtividade de grãos secos (5.441,03 kg ha⁻¹) foi máxima quando o milho foi fertirrigado com a dose de 104,05 kg ha⁻¹ de N. As maiores rendas líquidas foram observadas nas doses de 80 kg ha⁻¹ de N no verão (R\$ 1.190,78 ha⁻¹) e 160 kg ha⁻¹ de N no inverno (R\$ 2.757,54 ha⁻¹).

REFERÊNCIAS

- ABBASI, Y. et al. Evaluation of furrow fertigation and model validation on maize field. **Irrigation and Drainage Systems**, Dordrecht, v. 25, n. 4, p. 279-291, dez. 2011.
- ALVES, V. M. C. et al. Milho. RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5º aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 314-316.
- AMADO, T. J. C. et al. Efficiency of nitrogen fertilizer applied at corn sowing in contrasting growing seasons in Paraguay. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 37, n. 6, p. 1641-1650, nov./dez. 2013.
- AMARAL FILHO, J. P. R. et al. Espaçamento, densidade populacional e adubação nitrogenada na cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 3, p. 467-473, jun. 2005.
- ARAÚJO, L. A. N.; FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. Adubação nitrogenada na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 8, p. 771-777, ago. 2004.
- ARAÚJO, L. S. et al. Desempenho agrônômico de híbridos de milho na região sudeste de Goiás. **Revista Agro@mbiente On-line**, Boa Vista, v. 10, n. 4, p. 334-341, out./dez. 2016.
- ARAÚJO, R. M. et al. Resposta do milho verde à inoculação com *Azospirillum brasiliense* e níveis de nitrogênio. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 9, p. 1556-1560, set. 2014.
- BARROS, I. et al. **Recomendações de nitrogênio para a cultura do milho nos Tabuleiros Costeiros**: desempenho produtivo e econômico. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2016. 20 p. (Boletim de Pesquisa, 109).
- BEGUM, A. A. et al. Effect of sowing date of sweet corn on potato + sweet corn intercropping system. **Bangladesh Agronomy Journal**, Dhaka, v. 18, n. 2, p. 15-21, jul. 2015.
- BERGAMASCHI, H.; MATZENAUER, R. **O milho e o clima**. Porto Alegre: Emater/RS-Ascar, 2014. 84 p.
- BRUNINI, O. et al. Caracterizações macroclimáticas, agrometeorológicas e restrições ambientais para o cultivo de milho em regiões tropicais baixas. **InfoBibos**, Campinas, v. 1, n. 3, 2006. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2006_3/ambientemilho/index.htm>. Acesso em: 22 jan. 2018.
- CAMPOS, M. C. C. et al. Produtividade e características agrônômicas de cultivares de milho safrinha sob plantio direto no Estado de Goiás. **Revista Acadêmica Ciências Agrárias e Ambientais**, Curitiba, v. 8, n. 1, p. 77-84, jan./mar. 2010.

CANTARELA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R. F. et al. **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. cap. 7, p. 375-449.

CANTARELLA, H.; DUARTE, A. P. Manejo da fertilidade do solo para a cultura do milho. In: GALVÃO, J. C. C.; MIRANDA, G. V. (Ed.). **Tecnologias de produção do milho**: economia, cultivares, biotecnologia, safrinha, adubação, quimigação, doenças, plantas daninhas e pragas. Viçosa: UFV, 2004. cap. 5, p. 139-174.

CERNÝ, J. et al. The effect of mineral N fertiliser and sewage sludge on yield and nitrogen efficiency of silage maize. **Plant, Soil and Environment**, Praga, v. 58, n. 2, p. 76-83, fev. 2012.

CLAY, D. E.; MALZER, G. L.; ANDERSON, J. L. Ammonia volatilization from urea as influenced by soil temperature, soil water content, and nitrification and hydrolysis inhibitors. **Soil Science Society of America**, Madison, v. 54, n.1, p. 263-266, 1990.

COELHO, A. M. et al. Doses e métodos de aplicação de fertilizantes nitrogenados na cultura do milho sob irrigação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 16, n. 1, p. 61-67, 1992.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos – v. 5 – safra 2017/18 – n. 1**. Brasília: CONAB, 2017a. p. 94.

_____. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos – v. 4 – safra 2016/17 – n. 12**. Brasília: CONAB, 2017b. p. 103-104.

_____. **Custos de produção agrícola**: a metodologia da CONAB. Brasília: CONAB, 2010. 60 p.

CRUZ, J. C. et al. (Ed.). **Produção e utilização de silagem de milho e sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2001. 544 p.

CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A. Manejo e tratos culturais para o cultivo do milho verde. In: PEREIRA FILHO, I. A. (Ed.). **O cultivo do milho verde**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2002. p. 34.

CRUZ, M. A. S. **Regionalização de precipitações médias e prováveis mensais e anuais no estado de Sergipe**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2009. 26 p. (Boletim de Pesquisa, 54).

CRUZ, S. C. S. et al. Adubação nitrogenada para o milho cultivado em sistema plantio direto, no Estado de Alagoas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 1, p. 62-68, jan./fev. 2008.

CUNHA, J. L. O. et al. Impactos econômicos da depreciação de sistemas de irrigação por gotejamento nos custos de produção agrícola. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 8, n. 15, p. 1008-1020, nov. 2012.

- DANIEL, J. L. P.; ZOPOLLATTO, M. NUSSIO, L. G. A escolha do volumoso suplementar na dieta de ruminantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 40, suplemento especial, p. 261-269, 2011.
- DANTAS, D. F. S. et al. Produtividade de espigas e grãos verdes de milho adubado com fontes e doses de nitrogênio. **Agropecuária Técnica**, Areia, v. 35, n. 1, p. 100-105, 2014.
- DONAGEMMA, G. K. et al. **Manual de métodos de análises de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. p. 43-49.
- DUETE, R. R. C. et al. Manejo da adubação nitrogenada e utilização do nitrogênio (¹⁵N) pelo milho em Latossolo Vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, , v. 32, n. 1, p. 161-171, jan./fev. 2008.
- _____. Viabilidade econômica de doses e parcelamentos da adubação nitrogenada na cultura do milho em LATOSSOLO VERMELHO Eutrófico. **Acta Scientiarum: Agronomy**, Maringá, v. 31, n. 1, p. 175-181, mar. 2009.
- FALLAH, S.; NEISANI, S. The effects of nitrogen source on nutritive value of irrigated silage corn. **Notulae Scientia Biologicae**, Cluj-Napoca, v. 9, n. 1, p. 116-123, mar. 2017.
- FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. (Coord.). **Produção de milho**. 2. ed. Piracicaba: ESALQ/USP, 2004. 360 p.
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Faostat**: production crops (maize). Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data>>. Acesso em: 22 jan. 2018.
- FAQUIN, V. **Diagnose do estado nutricional das plantas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2002. 77 p. Disponível em: <http://www.dcs.ufla.br/site/_adm/upload/file/pdf/Prof_Faquin/Diagnose%20do%20Estado%20Nutricional%20das%20Plantas.pdf>. Acesso em 22 jan. 2018.
- FARINELLI, R.; LEMOS, L. Nitrogênio em cobertura na cultura do milho em preparo convencional e plantio direto consolidados. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Brasília, v. 42, n. 1, p. 63-70, jan./mar. 2012.
- _____. Produtividade e eficiência agrônômica do milho em função da adubação nitrogenada e manejos do solo. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 9, n. 2, p. 135-146, ago. 2010.
- FERNANDES, F. C. S. et al. Doses, eficiência e uso de nitrogênio por seis cultivares de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 4, n. 2, p. 195-204, ago. 2005.
- FERNANDES, L. A. et al. Preparo do solo e adubação nitrogenada na produção de grãos e matéria seca e acúmulo de nutrientes pelo milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 9, p. 1691-1698, set. 1999.
- FERREIRA, A. C. B. et al. Características agrônômicas e nutricionais do milho adubado com nitrogênio, molibdênio e zinco. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 58, n. 1, p. 131-138, jan./mar. 2001.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, nov./dez. 2011.

FREIRE, F. M. et al. Milho verde. RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5º aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 195.

_____. Produtividade econômica e componentes da produção de espigas verdes de milho em função da adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 9, n. 3, p. 213-222, dez. 2010.

GALINDO, F. S. et al. Economic analysis of corn inoculated with *Azospirillum brasilense* associated with nitrogen sources and doses. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 38, n. 4, p. 1749-1764, jul./ago. 2017.

GARCIA, C. M. P. et al. Análise econômica da produtividade de grãos de milho consorciado com forrageiras dos gêneros *Brachiaria* e *Panicum* em sistema plantio direto. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 59, n. 2, p. 157-163, abr. 2012.

GHEYSARI, M. et al. Interaction of water and nitrogen on maize grown for silage. **Agricultural Water Management**, [s.l.], v. 96, n. 5, p. 809-821, maio 2009a.

_____. Nitrate leaching in a silage maize field under different irrigation and nitrogen fertilizer rates. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 96, n. 6, p. 946-954, jun. 2009b.

GOMES, R. F. et al. Efeito de doses e da época de aplicação de nitrogênio nos caracteres agronômicos da cultura do milho sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 5, p. 931-938, set./out. 2007.

GÜL, I. et al. Response of silage maize (*Zea mays* L.) to nitrogen fertilizer after different crops in a semi arid environment. **Turkish Journal of Agriculture & Forestry**, Ankara, v. 32, p. 513-520, 2008.

HE, J. et al. Identifying irrigation and nitrogen best management practices for sweet corn production on sandy soils using CERES-Maize model. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 109, p. 61-70, jun. 2012.

ISLAM, M. R.; GARCIA, S. C.; HORADAGODA, A. Effects of irrigation and rates and timing of nitrogen fertilizer on dry matter yield, proportions of plant fractions of maize and nutritive value and *in vitro* gas production characteristics of whole crop maize silage. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 172, n. 3-4, p. 125-135, mar. 2012.

JANDEL SCIENTIFIC. **Table Curve 2D**: curve fitting software. Corte Madera: Jandel Scientific, 1992. 280 p.

JESUS, A. A. et al. Análise econômica da produção do milho doce cultivado com aplicação de bioestimulante via semente. **Revista de la Facultad de Agronomía**, La Plata, v. 115 n. 2, p. 119-127, jul./dez. 2016.

KANEKO, F. H. et al. Análise econômica do milho em função da inoculação com *Azospirillum*, fontes e doses de N em cerrado de baixa altitude. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 14, n. 1, p. 23-37, abr. 2015.

_____. Custos e rentabilidade do milho em função do manejo do solo e da adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 40, n. 1, p. 102-109, jan./mar. 2010.

KAPPES, C. et al. Análise econômica do milho em sucessão a diferentes adubos verdes, manejos do solo e doses de nitrogênio. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 31, n. 1, p. 55-64, jan./fev. 2015.

KOMLEH, S. H. P. et al. Energy use and economic analysis of corn silage production under three cultivated area levels in Tehran province of Iran. **Energy**, Amsterdam, v. 36, n. 5, p. 3335-3341, maio 2011.

KUMAR, M. et al. Water and nitrate dynamics in baby corn (*Zea mays* L.) under different fertigation frequencies and operating pressures in semi-arid region of India. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 163, p. 263-274, jan. 2016.

LAMM, F. R. et al. Nitrogen fertilization for subsurface drip-irrigated corn. **Transactions of the American Society of Agricultural Engineers**, St. Joseph, v. 44, n. 3, p. 533-542, 2001.

LARA CABEZAS, W. A. R. et al. Imobilização de nitrogênio da uréia e do sulfato de amônio aplicado em pré-semeadura ou cobertura na cultura de milho, no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 2, p. 215-226, abr. 2005.

LARA CABEZAS, W. A. R.; KORNDORFER, G. H.; MOTTA, S. A. Volatilização de N-NH₃ na cultura do milho: II. Avaliação de fontes sólidas e fluidas em sistema de plantio direto e convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 21, n. 3, p. 489-496, set. 1997.

LIU, G.; LI, Y.; ALVA, A. K. High water regime can reduce ammonia volatilization from soils under potato production. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, Londres, v. 38, n. 9-10, p.1203-1220, maio 2007.

LOPES, L. H. O.; FARIA, C. M. B.; PEREIRA, J. R. Milho irrigado. In: CAVALCANTI, F. J. A. (Coord.). **Recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco: 2ª aproximação**. 3. ed. rev. Recife: IPA, 2008. p. 175.

LOURENTE, E. R. P. et al. Culturas antecessoras, doses e fontes de nitrogênio nos componentes de produção do milho. **Acta Scientiarum: Agronomy**, Maringá, v. 29, n. 1, p. 55-61, mar. 2007.

- LUCENA, L. F. C. et al. Resposta do milho a diferentes dosagens de nitrogênio e fósforo aplicados ao solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 3, p. 334-337, set./dez. 2000.
- LYRA, G. B. et al. Crescimento e produtividade do milho, submetido a doses de nitrogênio nos Tabuleiros Costeiros de Alagoas. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 61, n. 4, p. 578-586, ju./ago. 2014.
- MA, B. L. et al. On-farm assessment of the amount and timing of nitrogen fertilizer on ammonia volatilization. **Agronomy Journal**, Madison, v. 102, n. 1, p. 134-144, 2010.
- MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M. **Fisiologia da produção do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. p. 5 (Circular Técnica, 76).
- MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638 p.
- MARTINS, C. M. M. R. et al. Morphological characteristics of maize plants in estimate the silage chemical composition. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, São Paulo, v. 51, n. 3, p. 233-241, dez. 2014.
- MELO, F. B.; CORÁ, J. E.; CARDOSO, M. J. Fertilização nitrogenada, densidade de plantas e rendimento de milho cultivado no sistema plantio direto. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 42, n. 1, p. 27-31, jan./mar. 2011.
- MENESES, N. B. **Marcha de acúmulo de matéria-seca e de nutrientes pelo milho superdoce**. 53 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Produção Vegetal) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2014.
- MENEZES, L. F. G. et al. Produção, valor nutricional e eficiências de recuperação e utilização de nitrogênio de silagem de milho sob diferentes doses de adubação nitrogenada. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 3, p. 1353-1362, maio/jun. 2013.
- MONTEIRO, A. L. et al. *Mimosa caesalpinifolia* intercropping, weeds removal after hoeing and nitrogen fertilization on maize. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v. 34, n. 2, p. 175-182, abr./jun. 2016.
- MONTEIRO, M. A. R. et al. Níveis de nitrogênio e lâminas de irrigação no rendimento do milho verde. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 6, p. 741-749, jun. 1989.
- MOREIRA, J. C. **Acúmulo de matéria seca e de nutrientes na cultura do milho verde**. 56 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2015.
- MOTA, M. R. et al. Fontes estabilizadas de nitrogênio como alternativa para aumentar o rendimento de grãos e a eficiência de uso do nitrogênio pelo milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 39, n. 2, p. 512-522, abr. 2015.
- MUCHOW, R. C. Effect of high temperature on grain-growth in field-grown maize. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 23, n. 2, p.145-158, abr. 1990.

NEUMANN, M. et al. Rendimentos e componentes de produção da planta de milho (*Zea mays* L.) para silagem, em função de níveis de adubação nitrogenada em cobertura. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 4, n. 3, p. 418-427, dez. 2005.

OHLAND, R. A. A. et al. Culturas de cobertura do solo e adubação nitrogenada no milho em plantio direto. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 3, p. 538-544, maio/jun. 2005.

OLIVEIRA, F. C. et al. Corn development and production in function of sources of nitrogen fertilizers and doses. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 29, n. 4, p. 812-821, out./dez. 2016.

OLIVEIRA, V. R. **Crescimento de leguminosas arbóreas e rendimentos de milho e feijão-caupi em sistemas agroflorestais**. 130 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2016.

PAIVA JUNIOR, M. C. et al. Desempenho de cultivares para produção de milho verde em diferentes épocas e densidades de semeadura em Lavras-MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 5, p. 1235-1247, set./out. 2001.

PAIVA, M. R. F. C. et al. Doses de nitrogênio e de fósforo recomendadas para produção econômica de milho-verde na Chapada do Apodi-RN. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 25, n. 4, p. 1-10, out./dez. 2012.

PANTOJA, J. L. et al. Corn nitrogen fertilization requirement and corn-soybean productivity with a rye cover crop. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 79, n. 5, p. 1482-1495, 2015.

PAVINATO, P. S. et al. Nitrogênio e potássio em milho irrigado: análise técnica e econômica da fertilização. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 2, p. 358-364, mar./abr. 2008.

PIMENTEL GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 15. ed. Piracicaba: FEALQ, 2009. 451 p.

PRATA, D. A. T. **Determinantes da expansão da produção de milho em Sergipe**. 99 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional e Gestão de Empreendimentos Locais) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2013.

RABELO, C. G.; SOUZA, L. H.; OLIVEIRA, F. G. Análise de custos de produção de silagem de milho: estudo de caso. **Caderno de Ciências Agrárias**, Montes Claros, v. 9, n. 2, p. 8-15, maio/ago. 2017.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H. Milho para grãos e silagem. RAIJ, B. van. et al. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. rev. amp. Campinas: Instituto Agrônomo & Fundação IAC, 1997. 285 p. (Boletim Técnico, 100).

ROSA, R. et al. The influence of weather conditions of eastern Poland on sweet corn yields and length of growing season. **Journal of Ecological Engineering**, Lublin, v. 17, n. 4, p. 273-279, set. 2016.

- SAMPATHKUMAR, T.; PANDIAN, B. J. Effect of fertigation frequencies and levels on growth and yield of maize. **The Madras Agricultural Journal**, Coimbatore, v. 97, n. 7-9, p. 245-248, set. 2010.
- SANGOI, L. et al. Desempenho agronômico do milho em razão do tratamento de sementes com *Azospirillum* sp. e da aplicação de doses de nitrogênio mineral. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 39, n. 4, p. 1141-1150, ago. 2015.
- SANTOS, G.; MORAES, J. M. M.; NUSSIO, L. G. Custo e análise de sensibilidade na produção de silagem. **Revista iPecege**, Piracicaba, v. 3, n. 1, p. 39-48, fev. 2017.
- SANTOS, H. G. et al. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3. ed. rev. amp. Brasília: Embrapa, 2013. 353 p.
- SANTOS, N. C. B. et al. Características agronômicas e de desempenho produtivo de cultivares de milho-verde em sistema orgânico e convencional. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 36, n. 3, suplemento 1, p. 1807-1822, jul. 2015.
- SANTOS, R. D. et al. Características agronômicas de variedades de milho para produção de silagem. **Acta Scientiarum: Animal Sciences**, Maringá, v. 32, n. 4, p. 367-373, out. 2010.
- SANTOS, W. O. et al. Coeficientes de cultivo e necessidades hídricas da cultura do milho verde nas condições do semiárido brasileiro. **Irriga**, Botucatu, v. 19, n. 4, p. 559-572, out./dez. 2014.
- SBCS/CQFS. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Comissão de Química e Fertilidade do Solo. **Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre: SBCS/CQFS, 2004. 400 p.
- SENGIK, E. et al. Perdas de amônia em solo e de resíduos orgânicos autoclavados e tratados com ureia. **Acta Scientiarum: Agronomy**, Maringá, v. 23, n. 5, p. 1099-1105, 2001.
- SILVA, E. C.; BUZETTI, S.; LAZARINI, E. Aspectos econômicos da adubação nitrogenada na cultura do milho em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 4, n. 3, p. 286-297, dez. 2005.
- SILVA, F. C. (Ed.). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. rev. ampl. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627 p.
- SILVA, G. F. et al. Doses de nitrogênio e fósforo para produção econômica de milho na Chapada do Apodi, RN. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 12, p. 1247-1254, dez. 2014.
- SILVA, J. et al. Efeito do esterco bovino sobre os rendimentos de espigas verdes e de grãos de milho. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 2, p. 326-331, abr./jun. 2004.
- SILVA, P. S. L. et al. Efeitos de níveis de nitrogênio e da aplicação de deltametrina sobre os rendimentos de espigas verdes e de grãos de milho. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 47, n. 269, p. 75-87, 2000.

_____. Effects of ground cover from branches of arboreal species on weed growth and maize yield. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 46, n. 4, p. 809-817, out./dez. 2015.

_____. Effects of nitrogen application on corn yield after harvesting the apical ear as baby corn. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v. 31, n. 3, p. 419-425, jul./set. 2013.

_____. Green ear yield and grain yield of maize after harvest of the first ear as baby corn. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 2, p. 151-155, abr./jun. 2006.

_____. Nitrogen doses and weed control via intercropping with gliricidia for corn production. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 28, n. 3, p. 531-539, 2010.

SOARES, R. J. S. et al. Produtividade de massa verde de milho transgênico em função do arranjo populacional da região do Cariri, CE. **Interações**, Campo Grande, v. 18, n. 2, p. 117-127, abr./jun. 2017.

SOBRAL, L. F. et al. Milho. In: SOBRAL, L. F. et al. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes no Estado de Sergipe**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2007. p. 201-203.

SORATTO, R. P. et al. Fontes alternativas e doses de nitrogênio no milho safrinha em sucessão à soja. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 41, n. 4, p. 511-518, out./dez. 2010.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2. ed. Brasília: Embrapa Informações Tecnológicas, 2004. 415 p.

SOUSA, I. F. et al. Evapotranspiração de referência nos perímetros irrigados do Estado de Sergipe. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 6, p. 633-644, jun. 2010.

SOUZA, C. F. **Desempenho agrônômico e eficiência de utilização de nitrogênio por cultivares de milho**. 50 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2017.

SOUZA, E. F. C.; SORATTO, R. P. Efeito de fontes e doses de nitrogênio em cobertura, no milho safrinha, em plantio direto. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 5, n. 3, p.395-405, dez. 2006.

SOUZA, E. J. et al. Effect of irrigation and nitrogen fertilization on agronomic traits of sweet corn. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 45, n. 3, p. 282-290, jul./set. 2015.

SOUZA, J. A. et al. Lucratividade do milho em razão das fontes, doses e épocas de aplicação de nitrogênio. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 59, n. 3, p. 321-329, maio/jun. 2012.

SOUZA, J. A.; BUZETTI, S.; MOREIRA, A. Viabilidade econômica de fontes e doses de nitrogênio no cultivo do milho segunda safra em sistema de plantio direto. **Revista de Ciências Agrárias - Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, Belém, v. 58, n. 3, p. 308-313, jul./set. 2015.

TABOSA, J. N. et al. Milho verde ou para forragem. In: CAVALCANTI, F. J. A. (Coord.). **Recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco: 2ª aproximação**. 3. ed. rev. Recife: IPA, 2008. p. 175.

TASCA, F. A. et al. Volatilização de amônia do solo após a aplicação de ureia convencional ou com inibido de urease. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 2, p. 493-502, mar./abr. 2011.

TUVANÇ, İ. A.; DAĞDEMİR, V. A study on determining production cost of corn silage in the Pasinler Province of Erzurum. **Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**, Erzurum, v. 40, n. 1, p. 61-69, 2009.

ULGER, A. C.; BECKER, A. C.; KHANT, G. Response of maize inbred lines and hybrids to increasing rates of nitrogen fertilizer. **Journal of Agronomy and Crop Science**, Berlin, v. 159, n. 1, p. 157-163, 1995.

VALDERRAMA, M. et al. Fontes e doses de NPK em milho irrigado sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 2, p. 254-263, abr./jun. 2011.

VELOSO, M. E. C. et al. Doses de nitrogênio na cultura do milho, em solos de várzea, sob sistema de drenagem subterrânea. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 5, n. 3, p. 382-394, dez. 2006.

VIANA, P. A. et al. Quimigação na cultura do milho. In: GALVÃO, J. C. C.; MIRANDA, G. V. (Ed.). **Tecnologias de produção do milho: economia, cultivares, biotecnologia, safrinha, adubação, quimigação, doenças, plantas daninhas e pragas**. Viçosa: UFV, 2004. cap. 6, p. 183-212.

VILELA, R. G. et al. Manejos do milheto e doses de nitrogênio na cultura do milho em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 11, n. 3, p.234-242, dez. 2012.

VITTI, A. C. et al. Produtividade da cana-de-açúcar relacionada à localização de adubos nitrogenados aplicados sobre os resíduos culturais em canavial sem queima. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 3, p. 491-498, jun. 2007.

VON PINHO, R. G. et al. Marcha de absorção de macronutrientes e acúmulo de matéria seca em milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 8, n. 2, p. 157-173, maio/ago. 2009.

WANG, Z.; LI, J.; LI, Y. Effects of drip irrigation system uniformity and nitrogen applied on deep percolation and nitrate leaching during growing seasons of spring maize in semi-humid region. **Irrigation Science**, Berlin, v. 32, n. 3, p. 221-236, maio 2014.

YILDIZ, T. Determination of total costs, labour requirements and work efficiencies in second fodder corn silage production at Bafra Town of Samsun. **Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology**, Sivas, v. 4, n. 12, p. 1149-1156, 2016.

YUAN, M.; RUARK, M. D.; BLAND, W. L. Adaption of the AmaizeN model for nitrogen management in sweet corn (*Zea mays* L.). **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 209, p. 27-38, ago. 2017.

ZÁRATE, N. A. H. et al. Produção e renda líquida de milho verde em função da época de amontoa. **Semina: Ciência Agrárias**, Londrina, v. 30, n. 1, p. 95-100, jan./mar. 2009.

ZHOU, B. et al. Maize kernel weight responses to sowing date associated variation in weather conditions. **The Crop Journal**, Amsterdam, v. 5, n. 1, p. 43-51, fev. 2017.

APÊNDICE A – Componentes dos custos totais na produção de um hectare de milho verde fertirrigado com 0; 80; 160 e 240 kg ha⁻¹ de nitrogênio

Tabela A1 – Componentes dos custos totais na produção de um hectare de milho verde sem fertirrigação com nitrogênio (N) em duas safras agrícolas no município de Canindé de São Francisco-SE, semiárido brasileiro. Mossoró-RN, UFERSA, 2018.

(continua)

Discriminação	Unid.	Verão		Inverno	
		Quant.	R\$	Quant.	R\$
I – Despesas de custeio da lavoura					
1 – Aluguel de máquinas					
Trator com grade aradora	h	2,00	220,00	2,00	220,00
2 – Mão de obra					
Distribuição das fitas gotejadoras	diária	2,00	80,00	2,00	80,00
Plantio manual com matraca	diária	1,00	40,00	1,00	40,00
Irrigação ou fertirrigação	h	34,00	170,00	18,00	90,00
Pulverização (herbicida)	diária	1,00	40,00	1,00	40,00
Colheita manual de espigas verdes	diária	6,00	240,00	6,00	240,00
3 – Sementes					
Milho híbrido Bt Feroz	kg	15,00	417,40	15,00	391,40
4 – Fertilizantes					
Ureia (45% N) - 0 kg ha ⁻¹ de N	kg	0,00	0,00	0,00	0,00
Sulfato de zinco (21% Zn)	kg	9,53	34,69	9,53	34,69
5 – Agrotóxicos					
Atrazina (herbicida)	L	4,00	112,00	4,00	100,00
6 – Outros					
Análise de solo	unid.	1,00	52,00	1,00	59,00
Subtotal (A)			1.406,09		1.295,09
II – Outras despesas					
7 – Despesas administrativas (3% do custeio da lavoura)			42,18		38,85
8 – Assistência técnica (2% do custeio da lavoura)			28,12		25,90
9 – Imposto territorial rural (R\$ 10,00 ano ⁻¹)			1,92		2,05
Subtotal (B)			72,22		66,80
III – Despesas financeiras					
10 – Juros do financiamento (7,49% ano ⁻¹)			20,20		19,93
Subtotal (C)			20,20		19,93
Custo variável (A+B+C=D)			1.498,51		1.381,82

(conclusão)

Discriminação	Verão	Inverno
IV – Depreciações	R\$	R\$
11 – Depreciação de instalações*	306,28	328,16
Subtotal (E)	306,28	328,16
V – Outros custos fixos		
12 – Manutenção de instalações (1% ano ⁻¹)	12,76	13,67
Subtotal (F)	12,76	13,67
Custo fixo (E+F=G)	319,04	341,83
Custo operacional (D+G=H)	1.817,55	1.723,65
VI – Renda de fatores		
13 – Remuneração sobre o capital fixo (6% ano ⁻¹)	76,55	82,02
14 – Arrendamento (R\$ 3.000,00 ha ⁻¹ ano ⁻¹)	575,35	616,44
Subtotal (I)	651,90	698,46
Custo total (H+I=J)	Verão	Inverno
0 kg ha ⁻¹ de N	2.469,45	2.422,11

*10.000 m de fitas gotejadoras de polietileno de baixa densidade, com emissores espaçados em 0,20 m e diâmetro nominal de 16 mm (vida útil = 2 anos; valor do bem novo = R\$ 0,27 m⁻¹); tubos e conexões em PVC (vida útil = 16 anos; valor do bem novo = R\$ 3.952,80 ha⁻¹).

Tabela A2 – Componentes dos custos totais na produção de um hectare de milho verde fertirrigado com 80 kg ha⁻¹ de nitrogênio (N) em duas safras agrícolas no município de Canindé de São Francisco-SE, semiárido brasileiro. Mossoró-RN, UFERSA, 2018.

(continua)

Discriminação	Unid.	Verão		Inverno	
		Quant.	R\$	Quant.	R\$
I – Despesas de custeio da lavoura					
1 – Aluguel de máquinas					
Trator com grade aradora	h	2,00	220,00	2,00	220,00
2 – Mão de obra					
Distribuição das fitas gotejadoras	diária	2,00	80,00	2,00	80,00
Plantio manual com matraca	diária	1,00	40,00	1,00	40,00
Irrigação ou fertirrigação	h	34,00	170,00	18,00	90,00
Pulverização (herbicida)	diária	1,00	40,00	1,00	40,00
Colheita manual de espigas verdes	diária	6,00	240,00	6,00	240,00
3 – Sementes					
Milho híbrido Bt Feroz	kg	15,00	417,40	15,00	391,40
4 – Fertilizantes					
Ureia (45% N) - 80 kg ha ⁻¹ de N	kg	177,78	266,67	177,78	231,11

(conclusão)

Discriminação	Verão			Inverno	
	Unid.	Quant.	R\$	Quant.	R\$
I – Despesas de custeio da lavoura					
Sulfato de zinco (21% Zn)	kg	9,53	34,69	9,53	34,69
5 – Agrotóxicos					
Atrazina (herbicida)	L	4,00	112,00	4,00	100,00
6 – Outros					
Análise de solo	unid.	1,00	52,00	1,00	59,00
Subtotal (A)			1.672,76		1.526,20
II – Outras despesas					
7 – Despesas administrativas (3% do custeio da lavoura)			50,18		45,79
8 – Assistência técnica (2% do custeio da lavoura)			33,46		30,52
9 – Imposto territorial rural (R\$ 10,00 ano ⁻¹)			1,92		2,05
Subtotal (B)			85,56		78,36
III – Despesas financeiras					
10 – Juros do financiamento (7,49% ano ⁻¹)			24,03		23,49
Subtotal (C)			24,03		23,49
Custo variável (A+B+C=D)			1.782,34		1.628,05
IV – Depreciações					
11 – Depreciação de instalações*			306,28		328,16
Subtotal (E)			306,28		328,16
V – Outros custos fixos					
12 – Manutenção de instalações (1% ano ⁻¹)			12,76		13,67
Subtotal (F)			12,76		13,67
Custo fixo (E+F=G)			319,04		341,83
Custo operacional (D+G=H)			2.101,38		1.969,88
VI – Renda de fatores					
13 – Remuneração sobre o capital fixo (6% ano ⁻¹)			76,55		82,02
14 – Arrendamento (R\$ 3.000,00 ha ⁻¹ ano ⁻¹)			575,35		616,44
Subtotal (I)			651,90		698,46
Custo total (H+I=J)			Verão		Inverno
80 kg ha ⁻¹ de N			2.753,28		2.668,34

*10.000 m de fitas gotejadoras de polietileno de baixa densidade, com emissores espaçados em 0,20 m e diâmetro nominal de 16 mm (vida útil = 2 anos; valor do bem novo = R\$ 0,27 m⁻¹); tubos e conexões em PVC (vida útil = 16 anos; valor do bem novo = R\$ 3.952,80 ha⁻¹).

Tabela A3 – Componentes dos custos totais na produção de um hectare de milho verde fertirrigado com 160 kg ha⁻¹ de nitrogênio (N) em duas safras agrícolas no município de Canindé de São Francisco-SE, semiárido brasileiro. Mossoró-RN, UFERSA, 2018.

(continua)

Discriminação	Unid.	Verão		Inverno	
		Quant.	R\$	Quant.	R\$
I – Despesas de custeio da lavoura					
1 – Aluguel de máquinas					
Trator com grade aradora	h	2,00	220,00	2,00	220,00
2 – Mão de obra					
Distribuição das fitas gotejadoras	diária	2,00	80,00	2,00	80,00
Plantio manual com matraca	diária	1,00	40,00	1,00	40,00
Irrigação ou fertirrigação	h	34,00	170,00	18,00	90,00
Pulverização (herbicida)	diária	1,00	40,00	1,00	40,00
Colheita manual de espigas verdes	diária	6,00	240,00	6,00	240,00
3 – Sementes					
Milho híbrido Bt Feroz	kg	15,00	417,40	15,00	391,40
4 – Fertilizantes					
Ureia (45% N) - 160 kg ha ⁻¹ de N	kg	355,56	533,34	355,56	462,23
Sulfato de zinco (21% Zn)	kg	9,53	34,69	9,53	34,69
5 – Agrotóxicos					
Atrazina (herbicida)	L	4,00	112,00	4,00	100,00
6 – Outros					
Análise de solo	unid.	1,00	52,00	1,00	59,00
Subtotal (A)			1.939,43		1.757,32
II – Outras despesas					
7 – Despesas administrativas (3% do custeio da lavoura)			58,18		52,72
8 – Assistência técnica (2% do custeio da lavoura)			38,79		35,15
9 – Imposto territorial rural (R\$ 10,00 ano ⁻¹)			1,92		2,05
Subtotal (B)			98,89		89,92
III – Despesas financeiras					
10 – Juros do financiamento (7,49% ano ⁻¹)			27,86		27,05
Subtotal (C)			27,86		27,05
Custo variável (A+B+C=D)			2.066,18		1.874,29
IV – Depreciações					
11 – Depreciação de instalações*			306,28		328,16
Subtotal (E)			306,28		328,16

(conclusão)

Discriminação	Verão	Inverno
V – Outros custos fixos	R\$	R\$
12 – Manutenção de instalações (1% ano ⁻¹)	12,76	13,67
Subtotal (F)	12,76	13,67
Custo fixo (E+F=G)	319,04	341,83
Custo operacional (D+G=H)	2.385,22	2.216,12
VI – Renda de fatores		
13 – Remuneração sobre o capital fixo (6% ano ⁻¹)	76,55	82,02
14 – Arrendamento (R\$ 3.000,00 ha ⁻¹ ano ⁻¹)	575,35	616,44
Subtotal (I)	651,90	698,46
Custo total (H+I=J)	Verão	Inverno
160 kg ha ⁻¹ de N	3.037,12	2.914,58

*10.000 m de fitas gotejadoras de polietileno de baixa densidade, com emissores espaçados em 0,20 m e diâmetro nominal de 16 mm (vida útil = 2 anos; valor do bem novo = R\$ 0,27 m⁻¹); tubos e conexões em PVC (vida útil = 16 anos; valor do bem novo = R\$ 3.952,80 ha⁻¹).

Tabela A4 – Componentes dos custos totais na produção de um hectare de milho verde fertirrigado com 240 kg ha⁻¹ de nitrogênio (N) em duas safras agrícolas no município de Canindé de São Francisco-SE, semiárido brasileiro. Mossoró-RN, UFERSA, 2018.

(continua)

Discriminação		Verão		Inverno	
	Unid.	Quant.	R\$	Quant.	R\$
I – Despesas de custeio da lavoura					
1 – Aluguel de máquinas					
Trator com grade aradora	h	2,00	220,00	2,00	220,00
2 – Mão de obra					
Distribuição das fitas gotejadoras	diária	2,00	80,00	2,00	80,00
Plantio manual com matraca	diária	1,00	40,00	1,00	40,00
Irrigação ou fertirrigação	h	34,00	170,00	18,00	90,00
Pulverização (herbicida)	diária	1,00	40,00	1,00	40,00
Colheita manual de espigas verdes	diária	6,00	240,00	6,00	240,00
3 – Sementes					
Milho híbrido Bt Feroz	kg	15,00	417,40	15,00	391,40
4 – Fertilizantes					
Ureia (45% N) - 240 kg ha ⁻¹ de N	kg	533,34	800,01	533,34	693,34
Sulfato de zinco (21% Zn)	kg	9,53	34,69	9,53	34,69
5 – Agrotóxicos					
Atrazina (herbicida)	L	4,00	112,00	4,00	100,00

		(conclusão)			
Discriminação		Verão		Inverno	
6 – Outros					
Análise de solo	unid.	1,00	52,00	1,00	59,00
Subtotal (A)			2.206,10		1.988,43
II – Outras despesas					
7 – Despesas administrativas (3% do custeio da lavoura)			66,18		59,65
8 – Assistência técnica (2% do custeio da lavoura)			44,12		39,77
9 – Imposto territorial rural (R\$ 10,00 ano ⁻¹)			1,92		2,05
Subtotal (B)			112,22		101,47
III – Despesas financeiras					
10 – Juros do financiamento (7,49% ano ⁻¹)			31,69		30,60
Subtotal (C)			31,69		30,60
Custo variável (A+B+C=D)			2.350,01		2.120,50
IV – Depreciações					
11 – Depreciação de instalações*			306,28		328,16
Subtotal (E)			306,28		328,16
V – Outros custos fixos					
12 – Manutenção de instalações (1% ano ⁻¹)			12,76		13,67
Subtotal (F)			12,76		13,67
Custo fixo (E+F=G)			319,04		341,83
Custo operacional (D+G=H)			2.669,05		2.462,33
VI – Renda de fatores					
13 – Remuneração sobre o capital fixo (6% ano ⁻¹)			76,55		82,02
14 – Arrendamento (R\$ 3.000,00 ha ⁻¹ ano ⁻¹)			575,35		616,44
Subtotal (I)			651,90		698,46
Custo total (H+I=J)			Verão		Inverno
240 kg ha ⁻¹ de N			3.320,95		3.160,79

*10.000 m de fitas gotejadoras de polietileno de baixa densidade, com emissores espaçados em 0,20 m e diâmetro nominal de 16 mm (vida útil = 2 anos; valor do bem novo = R\$ 0,27 m⁻¹); tubos e conexões em PVC (vida útil = 16 anos; valor do bem novo = R\$ 3.952,80 ha⁻¹).

APÊNDICE B – Componentes dos custos totais na produção de um hectare de milho para silagem, fertirrigado com 0; 80; 160 e 240 kg ha⁻¹ de nitrogênio

Tabela B1 – Componentes dos custos totais na produção de um hectare de milho para silagem, sem fertirrigação com nitrogênio (N) em duas safras agrícolas no município de Canindé de São Francisco-SE, semiárido brasileiro. Mossoró-RN, UFERSA, 2018.

(continua)

Discriminação	Unid.	Verão		Inverno	
		Quant.	R\$	Quant.	R\$
I – Despesas de custeio da lavoura					
1 – Aluguel de máquinas					
Trator com grade aradora	h	2,00	220,00	2,00	220,00
Trator com colhedora de forragem	h	4,22	506,10	7,10	851,40
2 – Mão de obra					
Distribuição das fitas gotejadoras	diária	2,00	80,00	2,00	80,00
Plantio manual com matraca	diária	1,00	40,00	1,00	40,00
Irrigação ou fertirrigação	h	38,83	194,15	24,83	124,15
Pulverização (herbicida)	diária	1,00	40,00	1,00	40,00
Retiradas das fitas gotejadoras	diária	2,00	80,00	2,00	80,00
Ensacamento da forragem	diária	8,84	353,47	14,87	594,63
3 – Sementes					
Milho híbrido Bt Feroz	kg	15,00	417,40	15,00	391,40
4 – Fertilizantes					
Ureia (45% N) - 0 kg ha ⁻¹ de N	kg	0,00	0,00	0,00	0,00
Sulfato de zinco (21% Zn)	kg	9,53	34,69	9,53	34,69
5 – Agrotóxicos					
Atrazina (herbicida)	L	4,00	112,00	4,00	100,00
6 – Outros					
Análise de solo	unid.	1,00	52,00	1,00	59,00
Saco para silagem (40 kg)	unid.	421,75	548,28	709,50	922,35
Abraçadeira para saco de silagem	unid.	421,75	28,68	709,50	48,25
Subtotal (A)			2.706,77		3.585,87
II – Outras despesas					
7 – Despesas administrativas (3% do custeio da lavoura)			81,20	107,58	
8 – Assistência técnica (2% do custeio da lavoura)			54,14	71,72	
9 – Imposto territorial rural (R\$ 10,00 ano⁻¹)			2,22	2,49	
Subtotal (B)			137,56		181,79

			(conclusão)	
Discriminação		Verão	Inverno	
III – Despesas financeiras		R\$	R\$	
10 – Juros do financiamento (7,49% ano ⁻¹)		44,99	66,96	
Subtotal (C)		44,99	66,96	
Custo variável (A+B+C=D)		2.889,32	3.834,62	
IV – Depreciações				
11 – Depreciação de instalações*		354,41	398,17	
Subtotal (E)		354,41	398,17	
V – Outros custos fixos				
12 – Manutenção de instalações (1% ano ⁻¹)		14,76	16,58	
Subtotal (F)		14,76	16,58	
Custo fixo (E+F=G)		369,17	414,75	
Custo operacional (D+G=H)		3.258,49	4.249,37	
VI – Renda de fatores				
13 – Remuneração sobre o capital fixo (6% ano ⁻¹)		88,58	99,52	
14 – Arrendamento (R\$ 3.000,00 ha ⁻¹ ano ⁻¹)		665,75	747,95	
Subtotal (I)		754,33	847,47	
Custo total (H+I=J)		Verão	Inverno	
0 kg ha ⁻¹ de N		4.012,82	5.096,84	

*10.000 m de fitas gotejadoras de polietileno de baixa densidade, com emissores espaçados em 0,20 m e diâmetro nominal de 16 mm (vida útil = 2 anos; valor do bem novo = R\$ 0,27 m⁻¹); tubos e conexões em PVC (vida útil = 16 anos; valor do bem novo = R\$ 3.952,80 ha⁻¹).

Tabela B2 – Componentes dos custos totais na produção de um hectare de milho para silagem, fertirrigado com 80 kg ha⁻¹ de nitrogênio (N) em duas safras agrícolas no município de Canindé de São Francisco-SE, semiárido brasileiro. Mossoró-RN, UFERSA, 2018.

(continua)

Discriminação		Verão		Inverno	
I – Despesas de custeio da lavoura	Unid.	Quant.	R\$	Quant.	R\$
1 – Aluguel de máquinas					
Trator com grade aradora	h	2,00	220,00	2,00	220,00
Trator com colhedora de forragem	h	6,86	822,90	8,01	961,20
2 – Mão de obra					
Distribuição das fitas gotejadoras	diária	2,00	80,00	2,00	80,00
Plantio manual com matraca	diária	1,00	40,00	1,00	40,00
Irrigação ou fertirrigação	h	38,83	194,15	24,83	124,15
Pulverização (herbicida)	diária	1,00	40,00	1,00	40,00

(continuação)

Discriminação	Verão			Inverno	
	Unid.	Quant.	R\$	Quant.	R\$
I – Despesas de custeio da lavoura					
Retiradas das fitas gotejadoras	diária	2,00	80,00	2,00	80,00
Ensacamento da forragem	diária	14,37	574,72	16,78	671,31
3 – Sementes					
Milho híbrido Bt Feroz	kg	15,00	417,40	15,00	391,40
4 – Fertilizantes					
Ureia (45% N) - 80 kg ha ⁻¹ de N	kg	177,78	266,67	177,78	231,11
Sulfato de zinco (21% Zn)	kg	9,53	34,69	9,53	34,69
5 – Agrotóxicos					
Atrazina (herbicida)	L	4,00	112,00	4,00	100,00
6 – Outros					
Análise de solo	unid.	1,00	52,00	1,00	59,00
Saco para silagem (40 kg)	unid.	685,75	891,48	801,00	1.041,30
Abraçadeira para saco de silagem	unid.	685,75	46,63	801,00	54,47
Subtotal (A)			3.872,64		4.128,63
II – Outras despesas					
7 – Despesas administrativas (3% do custeio da lavoura)			116,18		123,86
8 – Assistência técnica (2% do custeio da lavoura)			77,45		82,57
9 – Imposto territorial rural (R\$ 10,00 ano ⁻¹)			2,22		2,49
Subtotal (B)			195,85		208,92
III – Despesas financeiras					
10 – Juros do financiamento (7,49% ano ⁻¹)			64,37		77,10
Subtotal (C)			64,37		77,10
Custo variável (A+B+C=D)			4.132,86		4.414,65
IV – Depreciações					
11 – Depreciação de instalações*			354,41		398,17
Subtotal (E)			354,41		398,17
V – Outros custos fixos					
12 – Manutenção de instalações (1% ano ⁻¹)			14,76		16,58
Subtotal (F)			14,76		16,58
Custo fixo (E+F=G)			369,18		414,75
Custo operacional (D+G=H)			4.502,03		4.829,40
VI – Renda de fatores			R\$		R\$
13 – Remuneração sobre o capital fixo (6% ano ⁻¹)			88,58		99,52

(conclusão)

Discriminação	Verão	Inverno
14 – Arrendamento (R\$ 3.000,00 ha ⁻¹ ano ⁻¹)	665,75	747,95
Subtotal (I)	754,33	847,47
Custo total (H+I=J)	Verão	Inverno
80 kg ha ⁻¹ de N	5.256,36	5.676,87

*10.000 m de fitas gotejadoras de polietileno de baixa densidade, com emissores espaçados em 0,20 m e diâmetro nominal de 16 mm (vida útil = 2 anos; valor do bem novo = R\$ 0,27 m⁻¹); tubos e conexões em PVC (vida útil = 16 anos; valor do bem novo = R\$ 3.952,80 ha⁻¹).

Tabela B3 – Componentes dos custos totais na produção de um hectare de milho para silagem, fertirrigado com 160 kg ha⁻¹ de nitrogênio (N) em duas safras agrícolas no município de Canindé de São Francisco-SE, semiárido brasileiro. Mossoró-RN, UFERSA, 2018.

(continua)

Discriminação	Verão			Inverno	
I – Despesas de custeio da lavoura	Unid.	Quant.	R\$	Quant.	R\$
1 – Aluguel de máquinas					
Trator com grade aradora	h	2,00	220,00	2,00	220,00
Trator com colhedora de forragem	h	5,97	716,70	8,49	1.018,50
2 – Mão de obra					
Distribuição das fitas gotejadoras	diária	2,00	80,00	2,00	80,00
Plantio manual com matraca	diária	1,00	40,00	1,00	40,00
Irrigação ou fertirrigação	h	38,83	194,15	24,83	124,15
Pulverização (herbicida)	diária	1,00	40,00	1,00	40,00
Retiradas das fitas gotejadoras	diária	2,00	80,00	2,00	80,00
Ensacamento da forragem	diária	12,51	500,55	17,78	711,33
3 – Sementes					
Milho híbrido Bt Feroz	kg	15,00	417,40	15,00	391,40
4 – Fertilizantes					
Ureia (45% N) - 160 kg ha ⁻¹ de N	kg	355,56	533,34	355,56	462,23
Sulfato de zinco (21% Zn)	kg	9,53	34,69	9,53	34,69
5 – Agrotóxicos					
Atrazina (herbicida)	L	4,00	112,00	4,00	100,00
6 – Outros					
Análise de solo	unid.	1,00	52,00	1,00	59,00
Saco para silagem (40 kg)	unid.	597,25	776,43	848,75	1.103,38
Abraçadeira para saco de silagem	unid.	597,25	40,61	848,75	57,72
Subtotal (A)			3.837,87		4.522,40

			(conclusão)	
Discriminação			Verão	Inverno
II – Outras despesas			R\$	R\$
7 – Despesas administrativas (3% do custeio da lavoura)			115,14	135,67
8 – Assistência técnica (2% do custeio da lavoura)			76,76	90,45
9 – Imposto territorial rural (R\$ 10,00 ano ⁻¹)			2,22	2,49
Subtotal (B)			194,12	228,61
III – Despesas financeiras				
10 – Juros do financiamento (7,49% ano ⁻¹)			63,79	84,45
Subtotal (C)			63,79	84,45
Custo variável (A+B+C=D)			4.095,78	4.835,46
IV – Depreciações				
11 – Depreciação de instalações*			354,41	398,17
Subtotal (E)			354,41	398,17
V – Outros custos fixos				
12 – Manutenção de instalações (1% ano ⁻¹)			14,76	16,58
Subtotal (F)			14,76	16,58
Custo fixo (E+F=G)			369,17	414,75
Custo operacional (D+G=H)			4.464,95	5.250,21
VI – Renda de fatores				
13 – Remuneração sobre o capital fixo (6% ano ⁻¹)			88,58	99,52
14 – Arrendamento (R\$ 3.000,00 ha ⁻¹ ano ⁻¹)			665,75	747,95
Subtotal (I)			754,33	847,47
Custo total (H+I=J)			Verão	Inverno
160 kg ha ⁻¹ de N			5.219,28	6.097,68

*10.000 m de fitas gotejadoras de polietileno de baixa densidade, com emissores espaçados em 0,20 m e diâmetro nominal de 16 mm (vida útil = 2 anos; valor do bem novo = R\$ 0,27 m⁻¹); tubos e conexões em PVC (vida útil = 16 anos; valor do bem novo = R\$ 3.952,80 ha⁻¹).

Tabela B4 – Componentes dos custos totais na produção de um hectare de milho para silagem, fertirrigado com 240 kg ha⁻¹ de nitrogênio (N) em duas safras agrícolas no município de Canindé de São Francisco-SE, semiárido brasileiro. Mossoró-RN, UFRSA, 2018.

(continua)

Discriminação			Verão		Inverno	
I – Despesas de custeio da lavoura	Unid.	Quant.	R\$	Quant.	R\$	
1 – Aluguel de máquinas						
Trator com grade aradora	h	2,00	220,00	2,00	220,00	
Trator com colhedora de forragem	h	5,55	665,40	9,42	1.129,80	

(continuação)

Discriminação	Verão		Inverno		
	Unid.	Quant.	R\$	Quant.	R\$
I – Despesas de custeio da lavoura					
2 – Mão de obra					
Distribuição das fitas gotejadoras	diária	2,00	80,00	2,00	80,00
Plantio manual com matraca	diária	1,00	40,00	1,00	40,00
Irrigação ou fertirrigação	h	38,83	194,15	24,83	124,15
Pulverização (herbicida)	diária	1,00	40,00	1,00	40,00
Retiradas das fitas gotejadoras	diária	2,00	80,00	2,00	80,00
Ensacamento da forragem	diária	11,62	464,72	19,73	789,07
3 – Sementes					
Milho híbrido Bt Feroz	kg	15,00	417,40	15,00	391,40
4 – Fertilizantes					
Ureia (45% N) - 240 kg ha ⁻¹ de N	kg	533,34	800,01	533,34	693,34
Sulfato de zinco (21% Zn)	kg	9,53	34,69	9,53	34,69
5 – Agrotóxicos					
Atrazina (herbicida)	L	4,00	112,00	4,00	100,00
6 – Outros					
Análise de solo	unid.	1,00	52,00	1,00	59,00
Saco para silagem (40 kg)	unid.	554,50	720,85	941,50	1.223,95
Abraçadeira para saco de silagem	unid.	554,50	37,71	941,50	64,02
Subtotal (A)			3.958,93		5.069,42
II – Outras despesas					
7 – Despesas administrativas (3% do custeio da lavoura)			118,77		152,08
8 – Assistência técnica (2% do custeio da lavoura)			79,18		101,39
9 – Imposto territorial rural (R\$ 10,00 ano ⁻¹)			2,22		2,49
Subtotal (B)			200,17		255,96
III – Despesas financeiras					
10 – Juros do financiamento (7,49% ano ⁻¹)			65,80		94,66
Subtotal (C)			65,80		94,66
Custo variável (A+B+C=D)			4.224,90		5.420,04
IV – Depreciações					
11 – Depreciação de instalações*			354,41		398,17
Subtotal (E)			354,41		398,17
V – Outros custos fixos					
12 – Manutenção de instalações (1% ano ⁻¹)			14,76		16,58

(conclusão)		
Discriminação	Verão	Inverno
V – Outros custos fixos	R\$	R\$
Subtotal (F)	14,76	16,58
Custo fixo (E+F=G)	369,17	414,75
Custo operacional (D+G=H)	4.594,07	5.834,80
VI – Renda de fatores		
13 – Remuneração sobre o capital fixo (6% ano ⁻¹)	88,58	99,52
14 – Arrendamento (R\$ 3.000,00 ha ⁻¹ ano ⁻¹)	665,75	747,95
Subtotal (I)	754,33	847,47
Custo total (H+I=J)	Verão	Inverno
240 kg ha ⁻¹ de N	5.348,40	6.682,26

*10.000 m de fitas gotejadoras de polietileno de baixa densidade, com emissores espaçados em 0,20 m e diâmetro nominal de 16 mm (vida útil = 2 anos; valor do bem novo = R\$ 0,27 m⁻¹); tubos e conexões em PVC (vida útil = 16 anos; valor do bem novo = R\$ 3.952,80 ha⁻¹).

**APÊNDICE C – Componentes dos custos totais na produção de um hectare de milho
para grãos secos, fertirrigado com 0; 80; 160 e 240 kg ha⁻¹ de nitrogênio**

Tabela C1 – Componentes dos custos totais na produção de um hectare de milho para grãos secos, sem fertirrigação com nitrogênio (N) em duas safras agrícolas no município de Canindé de São Francisco-SE, semiárido brasileiro. Mossoró-RN, UFERSA, 2018.

(continua)

Discriminação	Verão			Inverno	
	Unid.	Quant.	R\$	Quant.	R\$
I – Despesas de custeio da lavoura					
1 – Aluguel de máquinas					
Trator com grade aradora	h	2,00	220,00	2,00	220,00
Trator com debulhadora de milho	saco	38,62	115,87	87,47	262,42
2 – Mão de obra					
Distribuição das fitas gotejadoras	diária	2,00	80,00	2,00	80,00
Plantio manual com matraca	diária	1,00	40,00	1,00	40,00
Irrigação ou fertirrigação	h	42,33	211,65	29,83	149,15
Pulverização (herbicida)	diária	1,00	40,00	1,00	40,00
Colheita manual de espigas	diária	6,00	240,00	6,00	240,00
Ensaçamento dos grãos	diária	1,93	77,25	4,37	174,95
3 – Sementes					
Milho híbrido Bt Feroz	kg	15,00	417,40	15,00	391,40
4 – Fertilizantes					
Ureia (45% N) - 0 kg ha ⁻¹ de N	kg	0,00	0,00	0,00	0,00
Sulfato de zinco (21% Zn)	kg	9,53	34,69	9,53	34,69
5 – Agrotóxicos					
Atrazina (herbicida)	L	4,00	112,00	4,00	100,00
6 – Outros					
Análise de solo	unid.	1,00	52,00	1,00	59,00
Saco de rafia (60 kg)	unid.	38,62	27,04	87,47	61,23
Subtotal (A)			1.667,90		1.852,84
II – Outras despesas					
7 – Despesas administrativas (3% do custeio da lavoura)			50,04		55,59
8 – Assistência técnica (2% do custeio da lavoura)			33,36		37,06
9 – Imposto territorial rural (R\$ 10,00 ano ⁻¹)			3,26		3,26
Subtotal (B)			86,66		95,91
III – Despesas financeiras			R\$		R\$
10 – Juros do financiamento (7,49% ano ⁻¹)			40,73		45,25

			(conclusão)	
Discriminação			Verão	Inverno
III – Despesas financeiras			R\$	R\$
Subtotal (C)			40,73	45,25
Custo variável (A+B+C=D)			1.795,29	1.994,00
IV – Depreciações				
11 – Depreciação de instalações*			520,68	520,68
Subtotal (E)			520,68	520,68
V – Outros custos fixos				
12 – Manutenção de instalações (1% ano ⁻¹)			21,69	21,69
Subtotal (F)			21,69	21,69
Custo fixo (E+F=G)			542,37	542,37
Custo operacional (D+G=H)			2.337,66	2.536,37
VI – Renda de fatores				
13 – Remuneração sobre o capital fixo (6% ano ⁻¹)			130,14	130,14
14 – Arrendamento (R\$ 3.000,00 ha ⁻¹ ano ⁻¹)			978,08	978,08
Subtotal (I)			1.108,22	1.108,22
Custo total (H+I=J)			Verão	Inverno
0 kg ha ⁻¹ de N			3.445,88	3.644,59

*10.000 m de fitas gotejadoras de polietileno de baixa densidade, com emissores espaçados em 0,20 m e diâmetro nominal de 16 mm (vida útil = 2 anos; valor do bem novo = R\$ 0,27 m⁻¹); tubos e conexões em PVC (vida útil = 16 anos; valor do bem novo = R\$ 3.952,80 ha⁻¹).

Tabela C2 – Componentes dos custos totais na produção de um hectare de milho para grãos secos, fertirrigado com 80 kg ha⁻¹ de nitrogênio (N) em duas safras agrícolas no município de Canindé de São Francisco-SE, semiárido brasileiro. Mossoró-RN, UFRSA, 2018.

(continua)

Discriminação			Verão		Inverno	
I – Despesas de custeio da lavoura	Unid.	Quant.	R\$	Quant.	R\$	
1 – Aluguel de máquinas						
Trator com grade aradora	h	2,00	220,00	2,00	220,00	
Trator com debulhadora de milho	saco	78,27	234,82	101,08	303,24	
2 – Mão de obra						
Distribuição das fitas gotejadoras	diária	2,00	80,00	2,00	80,00	
Plantio manual com matraca	diária	1,00	40,00	1,00	40,00	
Irrigação ou fertirrigação	h	42,33	211,65	29,83	149,15	
Pulverização (herbicida)	diária	1,00	40,00	1,00	40,00	
Colheita manual de espigas	diária	6,00	240,00	6,00	240,00	

(continuação)

Discriminação	Verão			Inverno	
	Unid.	Quant.	R\$	Quant.	R\$
I – Despesas de custeio da lavoura					
Ensacamento dos grãos	diária	3,91	156,54	5,05	202,16
3 – Sementes					
Milho híbrido Bt Feroz	kg	15,00	417,40	15,00	391,40
4 – Fertilizantes					
Ureia (45% N) - 80 kg ha ⁻¹ de N	kg	177,78	266,67	177,78	231,11
Sulfato de zinco (21% Zn)	kg	9,53	34,69	9,53	34,69
5 – Agrotóxicos					
Atrazina (herbicida)	L	4,00	112,00	4,00	100,00
6 – Outros					
Análise de solo	unid.	1,00	52,00	1,00	59,00
Saco de ráfia (60 kg)	unid.	78,27	54,79	101,08	70,76
Subtotal (A)			2.160,56		2.161,51
II – Outras despesas					
7 – Despesas administrativas (3% do custeio da lavoura)			64,82		64,85
8 – Assistência técnica (2% do custeio da lavoura)			43,21		43,23
9 – Imposto territorial rural (R\$ 10,00 ano ⁻¹)			3,26		3,26
Subtotal (B)			111,29		111,34
III – Despesas financeiras					
10 – Juros do financiamento (7,49% ano ⁻¹)			52,76		52,78
Subtotal (C)			52,76		52,78
Custo variável (A+B+C=D)			2.324,61		2.325,63
IV – Depreciações					
11 – Depreciação de instalações*			520,68		520,68
Subtotal (E)			520,68		520,68
V – Outros custos fixos					
12 – Manutenção de instalações (1% ano ⁻¹)			21,69		21,69
Subtotal (F)			21,69		21,69
Custo fixo (E+F=G)			542,37		542,37
Custo operacional (D+G=H)			2.866,98		2.868,00
VI – Renda de fatores					
13 – Remuneração sobre o capital fixo (6% ano ⁻¹)			130,14		130,14
14 – Arrendamento (R\$ 3.000,00 ha ⁻¹ ano ⁻¹)			978,08		978,08
Subtotal (I)			1.108,22		1.108,22

Discriminação	(conclusão)	
	Verão	Inverno
Custo total (H+I=J)	R\$	R\$
80 kg ha ⁻¹ de N	3.975,20	3.976,22

*10.000 m de fitas gotejadoras de polietileno de baixa densidade, com emissores espaçados em 0,20 m e diâmetro nominal de 16 mm (vida útil = 2 anos; valor do bem novo = R\$ 0,27 m⁻¹); tubos e conexões em PVC (vida útil = 16 anos; valor do bem novo = R\$ 3.952,80 ha⁻¹).

Tabela C3 – Componentes dos custos totais na produção de um hectare de milho para grãos secos, fertirrigado com 160 kg ha⁻¹ de nitrogênio (N) em duas safras agrícolas no município de Canindé de São Francisco-SE, semiárido brasileiro. Mossoró-RN, UFERSA, 2018.

Discriminação	Verão		Inverno		
	Unid.	Quant.	R\$	Quant.	R\$
I – Despesas de custeio da lavoura					
1 – Aluguel de máquinas					
Trator com grade aradora	h	2,00	220,00	2,00	220,00
Trator com debulhadora de milho	saco	73,82	221,46	106,27	318,81
2 – Mão de obra					
Distribuição das fitas gotejadoras	diária	2,00	80,00	2,00	80,00
Plantio manual com matraca	diária	1,00	40,00	1,00	40,00
Irrigação ou fertirrigação	h	42,33	211,65	29,83	149,15
Pulverização (herbicida)	diária	1,00	40,00	1,00	40,00
Colheita manual de espigas	diária	6,00	240,00	6,00	240,00
Ensaçamento dos grãos	diária	3,69	147,64	5,31	212,54
3 – Sementes					
Milho híbrido Bt Feroz	kg	15,00	417,40	15,00	391,40
4 – Fertilizantes					
Ureia (45% N) - 160 kg ha ⁻¹ de N	kg	355,56	533,34	355,56	462,23
Sulfato de zinco (21% Zn)	kg	9,53	34,69	9,53	34,69
5 – Agrotóxicos					
Atrazina (herbicida)	L	4,00	112,00	4,00	100,00
6 – Outros					
Análise de solo	unid.	1,00	52,00	1,00	59,00
Saco de ráfia (60 kg)	unid.	73,82	51,67	106,27	74,39
Subtotal (A)			2.401,85		2.422,21
II – Outras despesas					
7 – Despesas administrativas (3% do custeio da lavoura)			72,06		72,67
8 – Assistência técnica (2% do custeio da lavoura)			48,04		48,44

			(conclusão)	
Discriminação			Verão	Inverno
II – Outras despesas			R\$	R\$
9 – Imposto territorial rural (R\$ 10,00 ano ⁻¹)			3,26	3,26
Subtotal (B)			123,36	124,37
III – Despesas financeiras				
10 – Juros do financiamento (7,49% ano ⁻¹)			58,65	59,15
Subtotal (C)			58,65	59,15
Custo variável (A+B+C=D)			2.583,86	2.605,73
IV – Depreciações				
11 – Depreciação de instalações*			520,68	520,68
Subtotal (E)			520,68	520,68
V – Outros custos fixos				
12 – Manutenção de instalações (1% ano ⁻¹)			21,69	21,69
Subtotal (F)			21,69	21,69
Custo fixo (E+F=G)			542,37	542,37
Custo operacional (D+G=H)			3.126,23	3.148,10
VI – Renda de fatores				
13 – Remuneração sobre o capital fixo (6% ano ⁻¹)			130,14	130,14
14 – Arrendamento (R\$ 3.000,00 ha ⁻¹ ano ⁻¹)			978,08	978,08
Subtotal (I)			1.108,22	1.108,22
Custo total (H+I=J)			Verão	Inverno
160 kg ha ⁻¹ de N			4.234,45	4.256,32

*10.000 m de fitas gotejadoras de polietileno de baixa densidade, com emissores espaçados em 0,20 m e diâmetro nominal de 16 mm (vida útil = 2 anos; valor do bem novo = R\$ 0,27 m⁻¹); tubos e conexões em PVC (vida útil = 16 anos; valor do bem novo = R\$ 3.952,80 ha⁻¹).

Tabela C4 – Componentes dos custos totais na produção de um hectare de milho para grãos secos, fertirrigado com 240 kg ha⁻¹ de nitrogênio (N) em duas safras agrícolas no município de Canindé de São Francisco-SE, semiárido brasileiro. Mossoró-RN, UFERSA, 2018.

(continua)

Discriminação			Verão	Inverno	
I – Despesas de custeio da lavoura	Unid.	Quant.	R\$	Quant.	R\$
1 – Aluguel de máquinas					
Trator com grade aradora	h	2,00	220,00	2,00	220,00
Trator com debulhadora de milho	saco	67,87	203,61	97,70	293,10
2 – Mão de obra					
Distribuição das fitas gotejadoras	diária	2,00	80,00	2,00	80,00

(continuação)

Discriminação	Verão			Inverno	
	Unid.	Quant.	R\$	Quant.	R\$
I – Despesas de custeio da lavoura					
Plantio manual com matraca	diária	1,00	40,00	1,00	40,00
Irrigação ou fertirrigação	h	42,33	211,65	29,83	149,15
Pulverização (herbicida)	diária	1,00	40,00	1,00	40,00
Colheita manual de espigas	diária	6,00	240,00	6,00	240,00
Ensacamento dos grãos	diária	3,39	135,74	4,88	195,40
3 – Sementes					
Milho híbrido Bt Feroz	kg	15,00	417,40	15,00	391,40
4 – Fertilizantes					
Ureia (45% N) - 240 kg ha ⁻¹ de N	kg	533,34	800,01	533,34	693,34
Sulfato de zinco (21% Zn)	kg	9,53	34,69	9,53	34,69
5 – Agrotóxicos					
Atrazina (herbicida)	L	4,00	112,00	4,00	100,00
6 – Outros					
Análise de solo	unid.	1,00	52,00	1,00	59,00
Saco de rafia (60 kg)	unid.	67,87	47,51	97,70	68,39
Subtotal (A)			2.634,61		2.604,47
II – Outras despesas					
7 – Despesas administrativas (3% do custeio da lavoura)			79,04		78,13
8 – Assistência técnica (2% do custeio da lavoura)			52,69		52,09
9 – Imposto territorial rural (R\$ 10,00 ano ⁻¹)			3,26		3,26
Subtotal (B)			134,99		133,48
III – Despesas financeiras					
10 – Juros do financiamento (7,49% ano ⁻¹)			64,34		63,60
Subtotal (C)			64,34		63,60
Custo variável (A+B+C=D)			2.833,94		2.801,55
IV – Depreciações			R\$		R\$
11 – Depreciação de instalações*			520,68		520,68
Subtotal (E)			520,68		520,68
V – Outros custos fixos					
12 – Manutenção de instalações (1% ano ⁻¹)			21,69		21,69
Subtotal (F)			21,69		21,69
Custo fixo (E+F=G)			542,37		542,37
Custo operacional (D+G=H)			3.376,31		3.343,92

Discriminação	(conclusão)	
	Verão	Inverno
VI – Renda de fatores	R\$	R\$
13 – Remuneração sobre o capital fixo (6% ano ⁻¹)	130,14	130,14
14 – Arrendamento (R\$ 3.000,00 ha ⁻¹ ano ⁻¹)	978,08	978,08
Subtotal (I)	1.108,22	1.108,22
Custo total (H+I=J)	Verão	Inverno
240 kg ha ⁻¹ de N	4.484,53	4.452,14

*10.000 m de fitas gotejadoras de polietileno de baixa densidade, com emissores espaçados em 0,20 m e diâmetro nominal de 16 mm (vida útil = 2 anos; valor do bem novo = R\$ 0,27 m⁻¹); tubos e conexões em PVC (vida útil = 16 anos; valor do bem novo = R\$ 3.952,80 ha⁻¹).