

JULY ANNE AMARAL DE ABREU

**ESTADO DE NITROGÊNIO, ÍNDICE SPAD, TEOR DE AÇÚCAR E
PRODUTIVIDADE DE GENÓTIPOS DE MILHO DOCE (*Zea mays L. saccharata*) EM
FUNÇÃO DE DOSES DE NITROGÊNIO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

Orientador: Paulo Cezar Rezende Fontes

Coorientadores: Carla do Carmo Milagres
Jaime Barros da Silva Filho

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2022**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

A162e
2021
Abreu, July Anne Amaral de, 1985-
Estado de nitrogênio, índice SPAD, teor de açúcar e
produtividade de genótipos de milho doce (*Zea Mays* L.
Saccharata) em função de doses de nitrogênio / July Anne
Amaral de Abreu. – Viçosa, MG, 2021.
1 tese eletrônica (84 f.): il.

Orientador: Paulo Cezar Rezende Fontes.
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa,
Departamento de Agronomia, 2021.

Referências bibliográficas: f.75-84.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2022.190>

Modo de acesso: World Wide Web.

1. Milho-doce - Efeito do nitrogênio. 2. Fertilizantes
nitrogenados. 3. Clorofila - Medição. I. Fontes, Paulo Cezar
Rezende, 1948-. II. Universidade Federal de Viçosa.
Departamento de Agronomia. Programa de Pós-Graduação em
Fitotecnia. III. Título.

CDD 22. ed. 635.672

Bibliotecário(a) responsável: Renata de Fátima Alves CRB6/2578

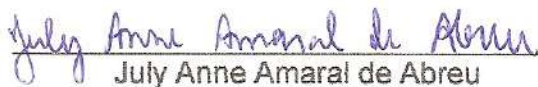
JULY ANNE AMARAL DE ABREU

**ESTADO DE NITROGÊNIO, ÍNDICE SPAD, TEOR DE AÇÚCAR E
PRODUTIVIDADE DE GENÓTIPOS DE MILHO DOCE (*Zea mays* L. *saccharata*) EM
FUNÇÃO DE DOSES DE NITROGÊNIO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 17 de dezembro de 2021.

Assentimento:


July Anne Amaral de Abreu
Autora


Paulo Cezar Rezende Fontes
Orientador

DEDICATÓRIA

A minha querida e amada amiga irmã *in memoriam* Dra. Paula Cristina Carvalho Lima, por sua infinita amizade, lealdade, gentileza, foi a minha família de Viçosa. Paulinha foi uma amiga incrível e estará sempre viva em meu coração.

A minha amada amiga Dra. Cristiaini Kano, que foi uma grande incentivadora para que eu fizesse o doutorado, estando sempre presente durante esse período, me ajudando quando mais precisei, não tenho palavras para descrever todo carinho, admiração e gratidão que sinto por você.

OFEREÇO

Aos meus pais Djalma e Jovelina,

Ao meu irmão Dênis,

A minha sobrinha Melissa e a minha cunhada Vanderléia.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pela vida e força para jamais desistir diante das imensas dificuldades.

Aos meus pais Djalma Ramos de Abreu e Jovelina Oliveira Amaral por acreditarem em mim e por todo amor e apoio. Com a mesma gratidão a minha querida “boadrasta” Francisca das Chagas de Sousa, por sempre me ajudar quando precisei, gratidão eterna.

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas – FAPEAM e a CAPES pela concessão da bolsa de estudos obtida pelo convênio CAPES/FAPEAM.

Ao meu orientador prof. Paulo Cezar Rezende Fontes, por todos os ensinamentos, paciência e simplicidade, sou muito grata a Deus por ter lhe colocado em meu caminho e lhe desejo o melhor desta vida.

A minha amada coorientadora Dra. Carla do Carmo Milagres, por todos os ensinamentos, amizade e muita paciência, sem você jamais teria conseguido chegar até aqui, gratidão eterna.

Ao professor do curso de Agronomia da UFV Wellington Souto Ribeiro, pela amizade e apoio nas análises de pós colheita, serei eternamente grata.

Aos Doutores Renildes Fontes, Deise Pimentel Cardoso, Cristiaini Kano e Wellington Souto Ribeiro por aceitarem participar da banca de defesa de tese.

Ao coordenador do curso de Pós Graduação em Fitotecnia da UFV prof. Carlos Eduardo Magalhães, pelo apoio na implantação do experimento e simpatia. Gratidão.

As queridas secretárias do Programa de Pós Graduação em Fitotecnia da UFV Tatiane e Lídia, por sempre me atenderem com rapidez e simpatia, amei conhecer vocês.

Adriana Uchoa Brito, que mesmo distante se fez e faz presente, obrigada minha amiga por sempre me entender e por mesmo longe nunca negar ajuda e uma palavra amiga.

A minha amada amiga de longa data Suellen Albuquerque, com seu enorme coração sempre disposto a me ajudar desde a época da graduação, você é uma irmã para mim.

Tatiana Senra agradeço todo apoio e amizade, mesmo distante está sempre disposta a me ajudar, você é meu presente que Deus me deu no mestrado.

Meu eterno agradecimento a minha querida amiga Dra. Flávia Batista Gomes, que mesmo distante se fez presente, por jamais negar ajuda e uma palavra amiga, você é um presente de Deus em minha vida.

Ao anjo da Embrapa CPAA Dra. Cláudia Majolo, agradeço pelo incentivo para realizar as correções da tese, seu apoio foi fundamental para concluir esta etapa, meu carinho e admiração eterna a minha doce amiga.

Deise Castro Pimentel Cardoso, sou grata a Deus por ter te conhecido. Obrigada pela grande amizade, por dividir comigo um pouco de seu conhecimento, alegria e sempre tem uma palavra amiga, jamais te esquecerei.

A minha amada amiga mais guerreira Géssica de Carvalho Madureira, exemplo de organização, força e persistência, que me ensinou muito, impossível te esquecer.

A minha amiga tão especial Rafaela Arruda, que sempre esteve ao meu lado em todos os momentos felizes e de dificuldades, uma amizade como a sua é como encontrar um tesouro valioso, amizade eterna.

Ao meu querido amigo Nicolas Araújo, agradeço pela ajuda nas análises de pós colheita, pela paciência e por dividir comigo seus conhecimentos em estatística.

A minha querida e amada amiga Renata Pedroza e sobrinha linda Katie, pela ajuda nos experimentos e por alegrarem o tempo que fiquei em Viçosa, estarão sempre em meu coração.

Aos meus amigos de UFV e de vida Argemiro Martins, Caroline Meneghelli, Heider Rodrigo, Valéria Cavalcante, José Maria da Silva e Marcelo Krause pela amizade e apoio sempre que precisei, vocês são muito especiais e estão em meu coração.

A equipe da Horta nova do Departamento de Agronomia da UFV, agradeço todo o apoio na condução e avaliação dos experimentos de campo, sem vocês não teria concluído este trabalho.

Aos técnicos do laboratório de nutrição mineral de plantas Edimaldo e Itamar, pelo apoio nas análises de nitrogênio.

À empresa Feltrin por disponibilizar as sementes do Híbrido de milho doce FT 2015, utilizadas no primeiro ano de avaliação.

RESUMO

ABREU, July Anne Amaral, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, dezembro de 2021. **Estado de nitrogênio, índice SPAD, teor de açúcar e produtividade de genótipos de milho doce (*Zea Mays L. Saccharata*) em função de doses de nitrogênio.** Orientador: Paulo Cezar Rezende Fontes. Coorientadores: Carla do Carmo Milagres e Jaime Barros da Silva Filho.

A cultura do milho doce (*Zea Mays L. Saccharata*) possui exigências nutricionais, sendo o nitrogênio (N) o elemento crítico na maximização da produtividade. Pesquisas sobre o manejo do nitrogênio no milho doce são limitadas e as recomendações, quase sempre, são baseadas nas existentes para o milho comum. O objetivo foi determinar o efeito de doses de nitrogênio sobre a produtividade de espigas, valores do índice SPAD, teor de nitrogênio na folha em diferentes estádios de desenvolvimento da planta e teores de açúcares nos grãos de milho doce. Quatro experimentos foram realizados. No experimento I, o híbrido FT 2015 foi utilizado e a semeadura ocorreu em 30 novembro de 2018. Nos experimentos II e III foram utilizadas sementes das variedades de milho super doce (Havai e Aruba), ambos implantados simultaneamente em 12 de março de 2019. No experimento IV foi utilizado o híbrido FT 2015 semeado em 17 novembro de 2020. Os experimentos foram conduzidos na Horta Nova, do Departamento de Agronomia da Universidade Federal de Viçosa (UFV) em solo classificado como Podzólico Vermelho-Amarelo Câmbico. O delineamento foi em blocos ao acaso com cinco tratamentos e cinco repetições, para todos os experimentos. Os tratamentos foram constituídos por doses de N (0, 125, 250, 375 e 500 kg ha⁻¹), tendo como fonte a ureia (45% de N), aplicadas em três épocas: 30% no sulco, no momento da semeadura; 35% em cobertura, quando as plantas apresentaram seis folhas (estádio V6); e 35% em cobertura, quando as plantas estavam com 12 folhas completamente desenvolvida (estádio V12). As características avaliadas foram estande, índice SPAD da folha, altura de planta, diâmetro do colmo, massas fresca e seca da planta e de grão; teor de nitrogênio nas folhas e nos demais órgãos da planta; características da espiga (comprimento, diâmetro, número de fileira de grãos, número de grão por fileira, número e massa de espiga, com e sem palha, e porcentagem de espiga comercial. Adicionalmente foi determinado o teor de açúcares solúveis totais, açúcares redutores e amido no grão. Conclui-se que as maiores produtividades de espiga sem palha ESP foram 12,98; 8,64; 4,80 e 14,85 t ha⁻¹ nos experimentos I, II, III e IV, respectivamente. A produtividade de ESP foi influenciada pela dose de N, cujo valor ótimo na folha foi 298 e 323 kg ha⁻¹ de N nos dois experimentos onde ocorreram as maiores produtividades (Exp. I e Exp. IV), respectivamente. A produtividade de ESP foi maior na dose de 298 e 323 kg ha⁻¹ N. Nestas, o teor de N no grão

não diferiu e alcançou o valor médio de 24,1 g kg⁻¹ e, dependendo de dose de N e do estágio fenológico da planta, o valor do índice SPAD variou de 40,73 a 67,12 e o teor de N na folha de 14,05 a 30,52 g kg⁻¹. Os teores de amido, açúcares redutores e açúcares solúveis totais nos grãos foram diferentemente influenciados por doses de N, cultivares e anos de execução dos experimentos.

Palavras-chave: Milho doce. Clorofilômetro. Adubação nitrogenada. Crescimento vegetativo. Produção de espigas.

ABSTRACT

ABREU, July Anne Amaral, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, December, 2021. **Nitrogen status, green leaf intensity, sugar content and yield of sweet corn (*Zea mays L. saccharata*) genotypes as a function of nitrogen rates.** Advisor: Paulo Cezar Rezende Fontes. Co-advises: Carla do Carmo Milagres and Jaime Barros da Silva Filho.

Sweet corn (*Zea Mays L. Saccharata*) has nutritional requirements, with nitrogen (N) being the critical element in maximizing productivity. Research on nitrogen management in sweet corn is limited and recommendations are almost always based on those for common corn. The objective was to determine the effect of nitrogen rates on ear yield, SPAD index values, leaf nitrogen content at different stages of plant development and sugar content in sweet corn kernels. Four experiments were performed. In experiment I, the FT 2015 hybrid was used and sowing took place on November 30, 2018. In experiments II and III, seeds of the super sweet corn varieties (Hawaii and Aruba) were used, both implanted simultaneously on March 12, 2019. In experiment IV, the FT 2015 hybrid sown on November 17, 2020 was used. The experiments were carried out in Horta Nova, from the Agronomy Department of the Federal University of Viçosa (UFV) in soil classified as Cambic Red-Yellow Podzolic. The design was in randomized blocks with five treatments and five replications for all experiments. The treatments consisted of doses of N (0, 125, 250, 375 and 500 kg ha⁻¹), with urea (45% N) as source, applied at three times: 30% in the furrow, at the time of sowing; 35% in coverage, when the plants had six leaves (V6 stage); and 35% in coverage, when the plants had 12 fully developed leaves (V12 stage). The characteristics evaluated were stand, leaf SPAD index, plant height, stem diameter, fresh and dry weight of the plant and grain; nitrogen content in leaves and other plant organs; ear characteristics (length, diameter, number of rows of grains, number of grains per row, number and mass of ear, with and without straw, and percentage of commercial ear. Additionally, the content of total soluble sugars, reducing sugars and It was concluded that the highest ear yields without straw ESP were 12.98, 8.64, 4.80 and 14.85 t ha⁻¹ in experiments I, II, III and IV, respectively. ESP was influenced by the N dose, whose optimum value in the leaf was 298 and 323 kg N ha⁻¹ in the two experiments where the highest yields occurred (Exp. I and Exp. IV), respectively. ESP productivity was higher at the rates of 298 and 323 kg N ha⁻¹. In these, the N content in the grain did not differ and reached an average value of 24.1 g kg⁻¹ and, depending on the N rate and stage phenology of the plant, the value of the SPAD index ranged from 40.73 to 67.12 and the N content in the leaf from 14.05 to 30.52

g kg⁻¹. The levels of starch, reducing sugars and total soluble sugars in the grains were differently influenced by N doses, cultivars and years of experiment execution.

Keywords: Sweet corn. Chlorophyll meter. Nitrogen fertilization. Vegetative growth. Ear production.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
2. REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1. Principais diferenças entre milho comum e milho doce	15
2.2. Milho doce	16
2.3. Adubação nitrogenada na cultura do milho doce.....	18
2.4. Uso do método do clorofilômetro em diferentes estádios de crescimento da planta....	20
3. OBJETIVOS.....	22
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	23
4.1. Caracterização da área e do solo	23
4.3. Delineamento experimental	24
4.4. Instalação e condução dos experimentos	25
4.5. Características avaliadas nas plantas	26
4.5.1. Índice SPAD (Soil Plant Analysis Development)	26
4.5.2. Avaliações de características fitotécnicas e produtividade de grãos, e análises do tecido vegetal	27
4.5.2.1. Características fitotécnicas	27
4.5.2.2. Produtividade de grãos	27
4.5.2.3. Análises de N no tecido vegetal e de açúcares solúveis totais, açúcares redutores e amido nos grãos	29
4.6. Análise dos dados	30
5. RESULTADOS	31
5.1. Experimento I – híbrido FT 2015, safra 2018/2019	31
5.1.1. Índice SPAD	31
5.1.2 – Análise de N na planta nos estádios VT e R3.....	33
5.1.3 – Características fitotécnicas avaliadas nos estádios de pendoamento (VT) e estágio leitoso (R3).....	35
5.1.4. Produtividade.....	38
5.1.5. Teores de amido e açúcar avaliados no grão	40
5.2. Experimento II – variedade Havaí, safra 2019	41
5.2.1. Índice SPAD	41
5.2.2. Análise de N na planta inteira nos estádios VT e R3.....	44

5.2.3. Características fitotécnicas avaliadas nos estádios de pendramento (VT) e estágio leitoso (R3)	45
5.2.4. Teores de amido e açúcar avaliados no grão	47
5.3. Experimento III – variedade Aruba, safra 2019	47
5.3.1. Índice SPAD	47
5.3.2. Teor de N na planta inteira	48
5.3.3. Características fitotécnicas avaliadas nos estádios de pendramento (VT) e estágio leitoso (R3)	49
5.3.4. Teores de amido e açúcar no grão	49
5.4. Experimento IV – híbrido FT 2015, safra 2020/2021	51
5.4.1. Índice SPAD	51
5.4.2. Análise de teor de N na planta inteira nos estádios VT e R3	53
5.4.3. Características fitotécnicas avaliadas nos estádios de pendramento (VT) e estágio leitoso (R3)	55
5.4.4. Produtividade	58
5.4.5. Teor de amido e açúcar avaliados no grão.....	61
6. DISCUSSÃO.....	63
6.1. Índice SPAD	63
6.2. Índices para o diagnóstico do estado de N da planta	63
6.2.1. N na folha	63
6.2.2. N no colmo	64
6.2.3. N no pendão.....	64
6.2.4. N no sabugo, palha e grão.....	65
6.3. Características fitotécnicas avaliadas nos estádios de pendramento (VT) e estágio leitoso (R3)	65
6.3.1. Massa fresca e massa seca de folha	65
6.3.2. Massa fresca e massa seca de colmo	66
6.3.3. Massa fresca e massa seca de pendão.....	67
6.4. Componentes de produtividade das espigas	67
6.4.1. Diâmetro da espiga	67
6.4.2. Número de espiga por planta	68
6.4.3. Porcentagem de espiga comercial.....	68
6.4.4. Produtividade de espiga.....	68
6.4.5. Número de fileira e número de grãos por fileira da espiga.....	69

6.4.6. Massa de sabugo e massa de palha	70
6.4.7. Massa fresca e massa seca de grão	70
6.5. Teores de amido, AR E AST no grão	71
6.5.1. Teor de Amido	71
6.5.2. Teores de AR e AST	71
7. CONCLUSÕES	74
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75

1. INTRODUÇÃO

O milho doce (*Zea mays* L. *saccharata*) é originado de mutação recessiva do milho comum (*Zea mays* L.), sendo ambos intimamente relacionados (JHA et al., 2016; UMBARKAR et al., 2020), sem serem iguais. A cultura do milho doce possui algumas diferenças em relação ao milho comum, tais como: porte da planta, folhas, sabor e utilização dos. Mas, talvez, o principal diferencial entre ambos é o maior conteúdo de açúcares e menor teor de amido nos grãos (MOHAMMED et al., 2017), além da planta de milho doce ser mais curta e fina. Os grãos do milho comum, mesmo leitosos, não são doces como os grãos do milho doce que, aos 18-21 dias após a polinização (fase de colheita), o total de açúcar maior, na ordem de 4 vezes ou mais, em comparação aos grãos do milho comum (JHA et al., 2016).

Este tipo especial de milho é classificado em diferentes tipos: açucarado padrão (su), açucarado aprimorado (se), encolhido-2 (sh2), sinérgico (syn) e superdoces aumentados (shA), tipos que variam de acordo com o conteúdo de açúcar, textura, duração do período de colheita, tempo de armazenamento e requisitos de vigor e germinação da semente (JAURON, 2020). É produto de alto valor nutritivo e de características próprias, como sabor adocicado, pericarpo fino e endosperma com textura delicada. No estádio verde, é utilizado na alimentação humana, tanto “in natura” quanto processado pelas indústrias de conservas (FANCELLI & DOURADO NETO, 2004; SOUZA & BRAGA, 2004; KARA et al., 2012; SEGATTO et al., 2017). As qualidades texturais dos grãos como dureza, elasticidade, coesão, entre outros, são fatores cruciais para a qualidade do milho doce e apresentam alta variabilidade genética (LI et al., 2020). É usado como vegetal fresco ou processado, sendo que os mercados de milho doce estão se expandindo e as demandas aumentando devido à urbanização e ao aumento do poder de compra da população. A exploração do milho doce, como hortaliça, em propriedades de pequenas áreas, ao invés do milho comum para ser comercializado como milho doce verde pode ser uma alternativa de segurança alimentar, nutricional e econômica, além do apelo de marketing para nichos de mercado.

O nitrogênio é elemento crítico na maximização da produtividade da cultura do milho doce (GAO et al., 2020; ZUCARELI et al., 2018). Embora existam inúmeros estudos com o milho comum, são limitados os estudos sobre o manejo do nitrogênio no milho doce (*Saccharata* group) (ZUCARELI et al., 2018). Devido às pesquisas sobre a fertilização da cultura do milho doce serem escassas, o manejo do N, nessa cultura, ainda não foi padronizado, sendo as recomendações baseadas nas existentes para o milho comum (NAIK et al., 2019; CRUZ et al., 2015; ZUCARELI et al., 2018). Normalmente, o N é o elemento mais requerido pelas plantas

e participa de inúmeros processos metabólicos, entretanto, é suprido em quantidade insuficiente pelo solo, em especial para as gramíneas de alta produtividade, como o milho, razão da necessidade de adição de N ao solo (TEIXEIRA et al., 1994; CERETTA et al., 1994; FRANÇA et al., 2011; AMADO & MIELNICZUK, 2000).

Devido às várias transformações do N no solo, por meio de reações complexas, esse elemento é considerado dinâmico, o que gera controvérsias e discussões relacionadas ao manejo do adubo nitrogenado nas culturas em geral. Estudos sobre doses de nitrogênio na cultura de milho doce são de interesse em razão do poder do N de contribuir para o aumento da produtividade de grãos e da dependência de influências genótípicas e ambientais. Mas, é difícil a recomendação de adubação nitrogenada baseada na associação entre a disponibilidade de N no solo e a necessidade da cultura, semelhante a outros nutrientes.

Há tempos, foi hipotetizado que a cultura poderia indicar o seu estado de N (FERGUSON et al., 1994). Desde então, a abordagem de usar a planta como indicadora da disponibilidade local de N vem sendo avaliada em diversas culturas e tem sido atualizada e revisada por autores em todo o mundo (FONTES, 2016; LOUARN et al., 2021; FOLINA et al., 2021; WANG et al.; 2021). FONTES (2016) indica que a avaliação do estado nitrogenado da planta pode ser feita de várias maneiras, com destaque para a análise indireta do verde da planta, via teor de clorofila.

Destaca-se a utilização do medidor SPAD (Soil Plant Analysis Development) (modelo SPAD-502), ferramenta que mede o índice SPAD (Soil Plant Analysis Development) para avaliar de forma simples, rápida, e não destrutiva, o verde ou conteúdo relativo de clorofila das folhas (FELSEMBURGH e TRIBUZY, 2012). O clorofilômetro SPAD apresenta resultados promissores na estimativa do teor de nitrogênio na cultura do milho (HOSS et al., 2020; RHEZALI, A., & AISSAOUI, 2021) podendo ser ferramenta bastante eficaz na quantidade recomendada de N sem afetar a produtividade do milho (ISLA et al., 2020).

Assim, o objetivo do trabalho foi determinar o efeito de doses de nitrogênio sobre a produtividade de espigas, nos valores do índice SPAD, teor de nitrogênio nas diferentes partes da planta, sendo na folha em diferentes estádios de desenvolvimento da planta e nos teores de açúcares nos grãos de milho doce.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Principais diferenças entre milho comum e milho doce

O milho doce é classificado como milho especial, sendo utilizado exclusivamente para consumo humano (RICHERI, 2019). Apresenta maior teor de açúcares e menor teor de amido nos grãos em comparação ao milho convencional (MOHAMMED et al., 2017). Enquanto, este apresenta em torno de 3% de açúcares e entre 60% e 70% de amido, o milho doce possui cerca de 9% a 14% de açúcares e 30% a 35% de amido, e o superdoce em torno de 25% de açúcares e 15% a 25% de amido (OLIVEIRA, 2016). Esta doçura se deve à mutação espontânea no gene *su* (“açucarado”) do milho convencional, controlando a conversão de açúcar em amido no endosperma do grão (SINGH et al., 2014).

O ciclo do milho comum varia de 100 a 180 dias, em função da caracterização dos genótipos (super precoce, precoce e tardio) (CHAVES NETO e BOSCAINI, 2019), enquanto o período de colheita do milho doce ocorre entre 80 e 90 dias após a semeadura, época onde ocorre a produção de espigas verdes (BHATT, 2012), sendo que o teor de açúcar vai se reduzindo com a maturidade dos grãos (SZYMANEK e PIASECKI, 2013) que ficam translúcidos quando secos (FARSIANI et al., 2011).

O milho comum pode ser comercializado quando a planta está seca, já o milho doce é comercializado quando os grãos ainda estão na fase leitosa (MILAGRES et al., 2021). Por possuir o pericarpo mais fino, os grãos de milho doce possuem maior maciez (TEIXEIRA et al., 2001). Entretanto, as sementes deste tipo especial de milho tornam-se mais suscetíveis aos danos mecânicos, que expõem o endosperma à infecção por patógenos, devendo-se tomar os devidos cuidados durante o processo de debulha (ARAÚJO et al., 2002; PEREIRA FILHO e TEIXEIRA, 2016). Outro entrave enfrentado pelos produtores de milho doce é a redução do vigor e germinação ocasionados pelo baixo teor de amido contido nas sementes, dificultando a uniformidade do estande, fazendo com que os produtores utilizem mais sementes na semeadura, e conseqüentemente realizem o desbaste das plantas (MAGGIO, 2006).

Com o intuito de oferecer um milho verde em conserva mais agradável ao paladar dos consumidores, indústrias de alimentos estão trocando o milho verde obtido do milho comum pelo milho doce (KWIATKOWSKI e CLEMENTE, 2007).

2.2. Milho doce

Originado nas Américas Central e do Sul no período pré-colombiano, o milho doce, tem o Peru como centro de dispersão na América do Sul e o México como centro de dispersão mesoamericano, no entanto, a origem de cultivares modernas ainda não foi definida (PEREIRA FILHO e TEIXEIRA, 2016). Acredita-se que esta cultura é derivada de mutação recente devido à menor adaptabilidade dos indivíduos com fenótipo doce por causa da menor viabilidade de sementes (TRACY, 2001).

As cultivares de milho doce estão divididas nos seguintes tipos: a) açúcarado padrão (su) - possui cultivares com teor de açúcar entre 10 e 15% na colheita, mas os açúcares se convertem rapidamente em amido após a colheita; b) açúcarado (se) - contêm o gene açúcarado (se), seus grãos são doces e tenros, com teor de açúcar e a vida útil de colheita e armazenamento são mais elevados que o tipo anterior; c) Encolhido-2 (sh2) ou superdoces - contêm o gene shrunken-2 (sh2), cujos grãos secos têm a aparência encolhida ou enrugada, com teor de açúcar mais elevado e que convertem o açúcar em amido lentamente, com longevidade no período de colheita; d) Sinérgico (syn) - possuem os genes su, se e sh2 que são doces, cremosos e macios, com ótima condição de armazenamento; e) Superdoces aumentados (shA) - são um tipo melhorado de milho doce encolhido, pois contêm o gene se, são doces, macios e possuem longevidade de vida útil de armazenamento (JAURON, 2020).

Os estádios fenológicos desta cultura são idênticos as do milho comum (OLIVEIRA, 2016), dividida em estágio vegetativo e reprodutivo. O estágio vegetativo é dividido em: VE – emergência, V1, V2, V3 e V4 correspondentes a 1ª, 2ª, 3ª e 4ª folhas desenvolvidas, respectivamente e VT – pendoamento (RITCHIE et al., 1993). Em relação ao estágio reprodutivo, as fases R1, R2, R3, R4, R5 e R6, referem-se ao embonecamento, bolha d'água, leitoso, pastoso, formação de dente e maturidade fisiológica (FAGHERAZZI, 2015).

Plantas de milho doce possuem as seguintes características: altura média entre 1,30 a 2,50 m, caule ereto, cilíndrico, com coloração verde escura a verde clara, sendo o florescimento masculino (pendão), órgão responsável pela produção de grãos de pólen e o florescimento feminino (espiga), que após a fecundação cada cabelo da espiga corresponde a produção de um grão (KWIATKOWSKI e CLEMENTE, 2007).

A colheita desta cultura deve ser feita quando os grãos estiverem com umidade entre 72% a 78% (estádio leitoso), entre 20 a 28 dias após o florescimento (LUZ et al., 2014), proporcionando produtos com melhores textura, sabor e cor (CAMILO et al., 2015). Após a colheita, é necessário fazer o resfriamento das espigas o mais depressa possível para remover o

calor de campo, pois, esta cultura possui alta perecibilidade (REGITANO-D'ARCE et al., 2015). Nesta etapa é utilizado o vácuo e o hidrosfriamento, no qual as espigas são imersas em água fria, e, em seguida, armazenadas em temperatura próxima a 0°C, e encaminhadas para a indústria (PEREIRA FILHO e TEIXEIRA, 2016).

A área mundial cultivada de milho doce é de 1.125.916 hectares com produção de 9.764.006 toneladas e a produção de 8.670 kg ha⁻¹ de espigas frescas, com 22% da área cultivada mundialmente e 42% da produção é obtida pelos Estados Unidos (STANSLUOS e KODAZ, 2020). Além deste país, essa cultura também é muito popular no Canadá, Austrália e também está ganhando popularidade na Índia e em outros países asiáticos (KHAN et al., 2018).

O Brasil possui aproximadamente 36 mil hectares de plantio dessa cultura, representando somente 14,4% da área plantada com milho doce dos Estados Unidos (CAMILO et al., 2015). A principal diferença entre os mercados brasileiro e o americano é quanto à utilização do produto, sendo que nos Estados Unidos o milho doce é consumido in natura, enquanto que no Brasil predomina o consumo em conservas (enlatado) (RICHERI, 2019). O milho doce também pode ser utilizado na forma de grãos congelados, desidratados (OLIVEIRA JUNIOR et al., 2006), podendo ser produzido como mini-milho (TELES e NASCIMENTO, 2010).

Os principais estados produtores de milho doce são Rio Grande do Sul, Minas Gerais, São Paulo e Goiás, sendo o último o que possui maior área cultivada (NUMOTO et al., 2019). Goiás cultiva 32 mil hectares, o que corresponde a aproximadamente 85% da produção nacional, devido à concentração de agroindústrias de processamento alimentícios na região, com destaque para as empresas Goialli, em Goianésia, Heinz, em Nerópolis, Goiás Verde, em Luziânia, Fugini, em Cristalina, Oderich, em Orizona, e Olé, em Morrinhos (CARVALHO, 2018).

Grande parte da produção no Brasil é direcionada para a indústria de conservas por meio de contratos realizados diretamente com os produtores, sendo que, com a irrigação, é possível a produção durante todo o ano, favorecendo o escalonamento da produção e o fluxo constante do produto para a comercialização (CRUZ, 2014). As indústrias preferem cultivares que apresentem maior conteúdo de açúcares e menor teor de amido, assim como uniformidade na maturação, tamanho e formato de espigas (OLIVEIRA, 2016). O consumidor tem preferência por espigas com grãos de coloração amarelo-alaranjado e pericarpo mais fino, fator que influencia na maior maciez do grão (TEIXEIRA et al., 2001).

Apesar do grande potencial de produção de milho doce no Brasil, esse produto não é comumente utilizado para o consumo in natura, devido ao restrito número de cultivares

adaptadas ao clima tropical (KWIATKOWSKI e CLEMENTE, 2007) e à escassez de informações técnicas sobre as exigências nutricionais da cultura, sendo indispensável o manejo adequado da adubação nitrogenada devido ao N ser o elemento absorvido em maior quantidade pelo milho.

2.3. Adubação nitrogenada na cultura do milho doce

O milho doce é exigente em relação à fertilidade do solo (SZYMANEK e PIASECKI, 2013) que é o nutriente absorvido em maior quantidade, seguido por K, P, Ca e Mg (COELHO e FRANÇA, 1995; VASCONCELLOS et al., 1983; VASCONCELLOS et al., 1998). No entanto, há escassez de informações na literatura a respeito da recomendação da adubação com N para o milho doce, o que faz com que os produtores utilizem as doses de N recomendadas para o milho comum por CANTARELLA (1993), fato que pode interferir na qualidade do produto (BARROS, 2019).

A quantidade de N exigida pela cultura do milho doce depende da fertilidade do solo, estágio fenológico, condições climáticas, disponibilidade de água, cultivar e manejo utilizados (SAHOO e MOHANTY, 2020). As exigências de N variam no decorrer do ciclo desta cultura, sendo menores nos estádios iniciais, aumentando com o crescimento da planta e atingindo um nível mais elevado no início da floração (MILAGRES et al., 2021).

O N é o nutriente que mais limita a produção de massa seca pela planta e, conseqüentemente, a produtividade de grãos (MUZILLI e OLIVEIRA, 1992). A importância do adequado suprimento às plantas está associada ao fato do N ser constituinte de moléculas de proteínas, enzimas, coenzimas, membranas celulares, ácidos nucléicos, fitocromos e clorofila. Ademais, a disponibilidade de N no solo afeta as taxas de iniciação e expansão foliar, o tamanho final e a intensidade de senescência das folhas (SCHRÖDER et al., 2000). Portanto, o manejo inadequado, com limitada disponibilização do N para as plantas, constitui uma das causas mais determinantes da redução da produtividade de grãos de milho (CERETTA, 1998; VIAN et al., 2018; BARROS, 2019).

A adubação nitrogenada também interfere na produtividade de espigas e no rendimento industrial do milho doce. O N participa da constituição de aminoácidos e proteínas e é essencial nos processos de absorção iônica, fotossíntese, respiração, multiplicação e diferenciação celular (MALAVOLTA, 2006) e também está presente na composição do ATP, NADH, NADPH e clorofila (HARPER, 1994). Dentre os fatores que interferem na produtividade de espigas e rendimento industrial do milho doce, destaca-se a adubação

nitrogenada. O N participa da constituição de aminoácidos e proteínas e é essencial nos processos de absorção iônica, fotossíntese, respiração, multiplicação e diferenciação celular (MALAVOLTA, 2006) e também está presente na composição do ATP, NADH, NADPH e clorofila (HARPER, 1994).

A deficiência de N pode influenciar a alocação do carbono assimilado, alterando a proporção do amido, sacarose e monossacarídeos foliares (CRUZ, 2001). Como a deficiência de N reduz o crescimento, a utilização de assimilados pela planta é reduzida e maiores quantidades de carbono podem ser desviadas para a formação de amido (RUFTY Jr. et al., 1988). Se o acúmulo de amido no cloroplasto for excessivo, a fotossíntese pode ser seriamente afetada, por dificultar a chegada do CO₂ aos sítios de carboxilação da Rubisco (GUIDI et al., 1998), afetando todo crescimento da planta onde suas hastes ficarão finas e atrofiadas, além do perfilhamento e o sistema radicular, que irão diminuir sendo notado na maioria das situações uma maior resposta à aplicação de fertilizantes de outros nutrientes (CASTRO, 2016).

Estudos realizados com a cultura do milho doce fertilizada com doses de N indicaram que a adubação nitrogenada influenciou a altura de plantas, índice de área foliar e matéria seca, contribuiu também para aumento do número de espigas por planta, comprimento da espiga, peso de 100 grãos e número de grãos por espiga (NAIK et al., 2019). A adubação com N proporcionou aumento do teor de proteína do grão de milho doce (NUMOTO et al., 2019). As doses de N influenciaram no aumento de produtividade de espigas até a dose de 150 kg ha⁻¹ (SAHOO e MOHANTY, 2020).

A adubação com N reduziu a percentagem de plantas estéreis e diminuiu o número de dias para o pendoamento e para o espigamento, sendo a dose de 270 kg ha⁻¹ de N a que propiciou a maior produtividade de espiga de milho doce (SANDYA et al., 2016). Para as cultivares que possuam alto potencial produtivo, e maior resposta à adubação com N, CRUZ et al. (2015) recomendam 240 kg ha⁻¹ de N, aplicado parte na semeadura e o restante em quatro coberturas durante o estágio vegetativo das plantas, dependendo do estado nutricional de N da cultura.

O suprimento de N tem uma relação direta na concentração de açúcares ou carboidratos nos grãos, pois além de fazer parte das estruturas das proteínas, especialmente aquelas envolvidas no metabolismo dos açúcares, faz parte da molécula de clorofila, pigmento essencial no processo fotossintético. Além disso, a aplicação de N no solo durante o florescimento das plantas aumenta o teor de proteínas dos grãos, especialmente gliadina e glutenina, e melhorando assim a qualidade do produto (YAMADA, 1997; MAR et al., 2003). Avaliando genótipos de milho doce, EVENSEN e BOYER (1986) observaram teores de amido, variando entre 43,7 e 81 mg g MF⁻¹, em espigas colhidas com umidade variando entre 75 e

80%. Dessa forma, é desejável que a colheita seja realizada quando grande parte do amido não tenha sido acumulada, pois o sabor adocicado característico do produto fresco se deve à presença de açúcares livres nos grãos. Assim, quanto menor a concentração de amido, maior a palatabilidade do produto, porém a proporção ideal entre açúcares e amido depende basicamente do tipo de preparação a que as espigas se destinam.

A avaliação do estado de N das culturas pelo teor de clorofila, medido indiretamente pela intensidade da cor verde da folha, é um dos métodos de avaliação.

2.4. Uso do método do clorofilômetro em diferentes estádios de crescimento da planta

Os métodos tradicionais utilizados para determinação do teor de clorofila requerem destruição das folhas, sem contar que são métodos muito demorados e onerosos. A utilização do clorofilômetro permite uma avaliação prática do estado de N das plantas em tempo real, por haver uma correlação significativa entre a intensidade do verde e o teor de clorofila com a concentração de N na folha.

O mais comum método indireto é a medição da absorvância da luz pela clorofila, através do clorofilômetro SPAD-502 (MINOLTA Corp. Ltd, 1989). Com o índice SPAD é possível obter a intensidade da coloração verde da folha no campo de modo não-destrutivo, rápido e simples (PIEKIELEK e FOX, 1992) sendo uma ferramenta eficaz para prever a deficiência de N na cultura do milho (SMEAL e ZHANG, 1994; CHAPMAN e BARRETO, 1997). Em milho, as leituras efetuadas com este equipamento apresentam boas correlações com rendimento de grãos, dependendo do estágio em que são realizadas (ARGENTA et al., 2001).

A eficácia da avaliação do estado de N do milho com o clorofilômetro depende do estágio de crescimento da planta. Em estádios iniciais de desenvolvimento, verifica-se baixa correlação entre o teor de clorofila e a produtividade de grãos. Em estádios mais tardios, as correlações entre leituras e o rendimento de grãos são maiores (SMEAL e ZHANG, 1994; WASKOM et al., 1996; BULLOCK e ANDERSON, 1998). A avaliação de suficiência de N no estágio reprodutivo R1 não permite uma aplicação corretiva de N, pois não haverá tempo hábil para a correção durante o mesmo ciclo da cultura. É necessário realizar a avaliação de teor de N em estádios mais precoces da cultura do milho comum (dos SANTOS et al., 2020).

Assim, a identificação de deficiência de N em estádios iniciais de desenvolvimento da planta de milho constitui-se em importante estratégia para manejo do N, pois possibilitaria melhor sincronismo entre as necessidades deste nutriente pela cultura e a disponibilidade no solo, além de possibilitar a correção de possível deficiência na mesma estação de crescimento.

Isto evidencia que o estabelecimento de nível adequado de N durante os estádios iniciais de desenvolvimento da planta de milho, como no estágio de três a quatro folhas, pode constituir-se uma alternativa para tomada de decisões sobre manejo de N (ARGENTA et al., 2001).

Em estudo com a cultura do milho comum nos estádios de três (V3) a quatro folhas (V4), seis (V6) a sete folhas (V7) e de 10 folhas (V10) completamente expandidas, e no espigamento, constatou-se que os teores de clorofila das plantas estavam diretamente relacionados à leitura correspondente ao teor de clorofila na folha (SEGATTO et al., 2017). MILAGRES et al. (2021), avaliando o índice SPAD nos estádios fenológicos (V6, V10, V12 e R1) em milho doce, verificaram que a leitura de SPAD realizada nos estádios V10 e R1 é indicada para avaliar o status de N da cultura.

Apesar de existirem vários trabalhos sobre a fertilização com N na cultura do milho comum, pouco se sabe sobre os efeitos da adição de doses de N no crescimento e desenvolvimento da planta e na qualidade de grãos de milho doce.

3. OBJETIVOS

Determinar o efeito de doses de N sobre:

- a) A produtividade de espiga de milho doce;
- b) O índice SPAD ao longo do ciclo da cultura;
- c) O teor de nitrogênio na matéria seca de folhas e demais órgãos da planta;
- d) O teor de açúcar e amido nos grãos.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Caracterização da área e do solo

Os experimentos foram conduzidos na Horta Nova do Departamento de Agronomia da Universidade Federal de Viçosa (UFV). O solo das áreas experimentais é classificado como Podzólico Vermelho-Amarelo Câmbico.

Para a caracterização química do solo da área experimental, antes da adubação, foram retiradas amostras simples de solo, nas profundidades de 0-20 cm (Tabelas 1, 2 e 3) cujos resultados orientaram a adubação de semeadura.

Tabela 1. Caracterização química do solo na profundidade de 0-20 cm (Experimento I).

pH	P	K	Ca²⁺	Mg²⁺	Al³⁺	H + Al	SB	t	T
H₂O	mg dm⁻³					cmol_c dm⁻³			
4,8	77,0	90	1,85	0,38	0,3	4,29	2,46	2,76	6,75
V	m	MO	P-Rem	B	Cu	Mn	Fe	Zn	
	%	dag kg⁻¹	mg L⁻¹			mg dm⁻³			
36,4	10,9	1,88	29,9	0,2	4,4	180,6	90,7	6,82	

Fonte: Autora (2021).

Tabela 2. Caracterização química do solo na profundidade de 0-20 cm (Experimentos II e III).

pH	P	K	Ca²⁺	Mg²⁺	Al³⁺	H + Al	SB	t	T
H₂O	mg dm⁻³					cmol_c dm⁻³			
5,3	105,5	220	4,16	0,70	0,0	5,94	5,42	5,42	11,36
V	m	MO	P-Rem	B	Cu	Mn	Fe	Zn	
	%	dag kg⁻¹	mg L⁻¹			mg dm⁻³			
47,7	0,0	3,09	36,0	0,2	3,7	130,8	59,1	17,5	

Fonte: Autora (2021).

Tabela 3. Caracterização química do solo na profundidade de 0-20 cm (Experimento IV).

pH	P	K	Ca²⁺	Mg²⁺	Al³⁺	H + Al	SB	t	T
H₂O		mg dm⁻³				cmol_c dm⁻³			
5,5	20,7	120	2,72	0,65	0,0	4,95	3,68	3,68	8,63

V	m	MO	P-Rem	B	Cu	Mn	Fe	Zn
	%		dag kg⁻¹	mg L⁻¹		mg dm⁻³		
42,6	0,0	2,96	24,7	0,4	3,4	57,1	82,9	20,1

Fonte: Autora (2021).

4.2. Genótipos utilizados

Quatro experimentos de milho doce foram implantados. O primeiro foi conduzido com o Híbrido FT 2015 na safra 2018/2019, o segundo e terceiro foram conduzidos, simultaneamente, com as variedades Havaí e Aruba na safra 2019 e o quarto experimento foi a repetição do primeiro com o Híbrido FT 2015 na safra 2020/2021.

4.3. Delineamento experimental

O delineamento adotado nos experimentos foi em blocos ao acaso com cinco tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos foram constituídos pelas doses de N (0, 125, 250, 375 e 500 kg ha⁻¹), tendo como fonte a ureia (45 % de N).

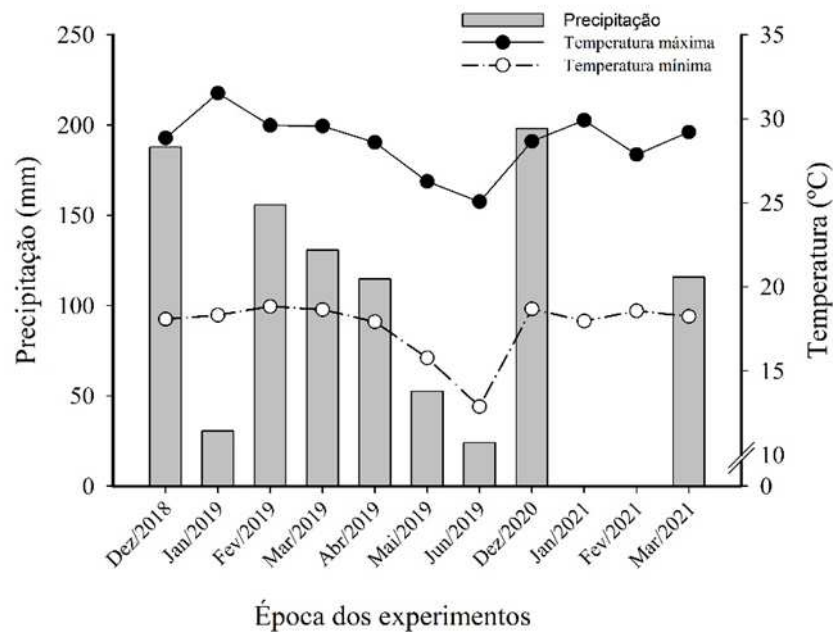
No experimento I foi utilizado sementes do milho doce híbrido (FT 2015) que foram produzidas e cedidas pela Feltrin, sendo a semeadura realizada em 30 novembro de 2018. Cada tratamento foi constituído por 48 plantas (12x4), com espaçamento de 0,80 m x 0,25 m, com quatro fileiras de 3,2 m de comprimento x 3,2 m de largura considerando como área útil da parcela somente as 16 plantas centrais.

Nos experimentos II e III foram utilizadas sementes das variedades de milho super doce (tipo Havai) e (tipo Aruba), ambos implantados simultaneamente em 12 de março de 2019. Cada tratamento foi constituído por 40 plantas (10x4), espaçadas de 0,80 m x 0,25 m, com quatro fileiras de 2,5 m de comprimento x 3,2 m de largura considerando como área útil as 12 plantas centrais e o restante bordadura.

Em 17 de novembro de 2020, foi implantado o experimento IV, correspondente a repetição do primeiro experimento utilizando o Híbrido FT 2015, tendo o mesmo arranjo de plantas e espaçamento realizado no primeiro experimento.

As condições climáticas durante a condução dos experimentos de milho doce encontram-se na Figura 1.

Figura 1 - Variação média mensal da temperatura máxima e mínima e precipitação total, no período de emergência das plântulas a colheita dos experimentos de milho doce. Viçosa, Minas Gerais.



Fonte: Autora (2021).

4.4. Instalação e condução dos experimentos

O solo foi preparado através de aração e gradagem, sendo aplicados 54, 37, 37 e 51 kg ha⁻¹ de calcário dolomítico com 76% de PRNT nos experimentos I, II, III e IV, respectivamente. Todos os experimentos foram conduzidos com a mesma adubação, sendo a adubação de plantio realizada manualmente. Utilizou-se 60 kg ha⁻¹ de superfosfato simples e 60 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio (KCL). Na cobertura foi aplicado 60 kg ha⁻¹ de KCL quando a cultura apresentou o estágio fenológico de seis folhas completamente desenvolvidas (V6), de acordo com o resultado da análise de solo e seguindo as recomendações de PEREIRA FILHO e TEIXEIRA (2016).

As doses de N foram aplicadas em três épocas: manualmente no sulco no momento da semeadura (30%) e o restante em duas coberturas, sendo 35% quando as plantas apresentaram seis folhas (estádio V6) e o restante quando estavam com 12 folhas completamente desenvolvidas (estádio V12) (OLIVEIRA, 1993).

O controle de pragas e doenças foi feito os inseticidas Decis e Batux, de acordo com

a necessidade da cultura. A colheita foi realizada manualmente quando os grãos apresentaram 70 a 78% de umidade (DIOGENES, 2011). O sistema de irrigação por aspersão foi utilizado durante o ciclo da cultura e de acordo com a necessidade da planta.

4.5. Características avaliadas nas plantas

4.5.1. Índice SPAD (Soil Plant Analysis Development)

As leituras de teores de clorofila nas folhas, feitas pelo medidor portátil de clorofila SPAD-502, foram realizadas na última folha totalmente expandida, na parte central da folha, não considerando a nervura central nem as margens (ARGENTA et al., 2003). As leituras foram realizadas em diversos estádios de crescimento da planta (de V4 a V12) e R1 e R3, dependendo do experimento. O estádio denominado V4 correspondeu à fase em que a cultura apresentava quatro folhas totalmente expandidas e o V12 à fase com doze folhas totalmente expandidas. O estádio denominado V4 corresponde à fase em que a planta apresenta quatro folhas totalmente expandidas e o V12 à fase em que a planta tem doze folhas totalmente expandidas. Os estádios R1 e R3 correspondem aos estádios reprodutivos 1 e 3, respectivamente. As medições foram realizadas pela manhã, entre 8 e 10 h, sendo a leitura feita diretamente na folha (Figura 2).

Figura 2 - Avaliação de índice SPAD em folha de milho doce.



Fonte: Autora (2021).

4.5.2. Avaliações de características fitotécnicas e produtividade de grãos, e análises do tecido vegetal

4.5.2.1. Características fitotécnicas

Estande de planta (ha): determinado pela contagem do número de plantas da área útil de cada parcela. Quando 50% das plantas atingiram o estágio de pendramento (VT) foi coletada uma planta inteira por tratamento e foram determinadas as seguintes características:

Altura da planta (m): as medições foram realizadas diretamente na planta com o uso de régua milimetrada, medindo-se do nível do solo até o nó de inserção da folha bandeira.

Diâmetro do colmo (mm): foi medido o diâmetro (mm) das plantas acima da inserção da primeira espiga, obtido por meio de um paquímetro digital, uma altura aproximada de dez cm do nível do solo.

4.5.2.2. Produtividade de grãos

Avaliação dos componentes nas espigas: após a colheita das espigas, foram amostradas, dez espigas de cada parcela, e realizadas as seguintes avaliações (Figura 3):

Comprimento de espiga (cm): as espigas foram separadas, e com régua graduada foi verificado o comprimento médio das espigas de cada parcela.

Diâmetro da espiga (mm): medido com um paquímetro digital na posição mediana das espigas amostradas escolhidas aleatoriamente em cada parcela.

Número de grãos por fileira: o número médio de grãos por fileira da espiga foi obtido

por meio da contagem. Foram contabilizados os grãos contidos em uma fileira de cada uma das espigas, em seguida foi verificado o número médio de grãos por fileira.

Número de fileiras de grãos: o número médio de fileiras de grão por espiga foi verificado através da contagem do número de fileiras de grãos presentes em cada uma das espigas avaliadas anteriormente.

Número de espigas comerciais despalhadas (há^{-1}): determinado pela seleção de espigas adequadas para a comercialização. Foram consideradas comerciais as espigas com comprimento igual ou maiores que 17 cm, bem granadas e sem injúrias causadas por pragas e doenças, apropriadas para a comercialização e os valores foram convertidos por hectare (MOREIRA et al., 2010).

Porcentagem do número de espigas comerciais despalhadas: determinada pela razão entre o número de espigas de dez plantas de cada parcela e o número de espigas comerciais.

Produtividade de espigas com palha (kg há^{-1}): obtida a partir da pesagem das espigas da área útil de cada parcela e transformada os valores para hectare (DIÓGENES, 2015).

Produtividade de espigas sem palha (kg há^{-1}): determinado pela pesagem das espigas sem palha colhidas da área útil de cada parcela e os valores transformados para hectare (DIÓGENES, 2015).

Figura 3 - Produtividade do milho. (a) Espigas com palha. (b) Espigas sem palha. (c) Comprimento das espigas. (d) Determinação do diâmetro das espigas.



Fonte: Autora (2021).

Determinação de massa fresca e massa seca da planta e de grãos

Foi coletada uma planta inteira por tratamento nos estádios de pendoamento (VT) e estágio leitoso (R3) para estimar a matéria fresca e massa seca (g) dos órgãos e para determinar o teor de N na planta inteira. As plantas foram separadas em (colmo, folhas e pendão) e os componentes que constituem as espigas (grão, sabugo e palha) foram avaliados no estágio R3 e pesados em balança analítica. Em seguida as amostras foram acondicionadas, separadamente, em sacos de papel e colocada em estufa de circulação forçada de ar à 70 °C até atingir massa constante para determinação da massa seca (g).

4.5.2.3. Análises de N no tecido vegetal e de açúcares solúveis totais, açúcares redutores e amido nos grãos

Análises de N no tecido vegetal

Após a secagem, as amostras foram moídas em moinho de facas tipo willey com peneira de 20 mesh, e o N total determinado de acordo com BREMER (1965). Para isso, foi

pesada 0,2g de cada amostra e digerida em ácido sulfúrico concentrado, seguida de destilação pelo método de Kjeldahl e titulometria com ácido clorídrico. Após a obtenção do volume gasto na titulação, determinou-se o teor de N na amostra.

Análises de açúcares solúveis totais, açúcares redutores, e amido nos grãos

Na época de colheita (estádio de grãos leitosos – R3), foram sorteadas ao acaso cinco espigas por tratamento, em seguida foram colhidas e retirados 5 g de grãos de cada espiga e sobre elas vertidas etanol 80 % a 65 °C para realizar as análises de teor de açúcares e amido. A extração dos carboidratos foi baseada na metodologia de MCCREADY et al. (1950).

A quantificação dos açúcares solúveis totais (AST) foi realizada pelo método fenol-sulfúrico (DUBOIS et al., 1956) usando sacarose 0,02% como solução padrão e a leitura foi feita em 490 nm e os resultados expressos em porcentagem de massa fresca.

Na quantificação de açúcares redutores (AR) foi utilizado o método de ácido 3,5-dinitrossalicílico (GONÇALVES et al., 2010), usando frutose 0,2% como solução padrão e a leitura das amostras foi feita em 540 nm e os resultados foram expressos em porcentagem de massa fresca.

Os resíduos obtidos durante a extração foram secos a 70 °C e utilizados para quantificar o teor de amido pelo método fenol-sulfúrico (DUBOIS et al., 1956), em que o valor da concentração obtida foi multiplicado pelo fator de correção 0,9, e os resultados expressos em porcentagem de massa seca. As leituras foram feitas em espectrofotômetro Genesys 10S UV-VIS (Thermo Scientific, Massachusetts, EUA).

4.6. Análise dos dados

Pelas peculiaridades de cada experimento, inerentes às variações na época de plantio e nas cultivares, optou-se por apresentar, e analisar, os resultados para cada experimento isoladamente. Os fatores quantitativos foram submetidos à análise de regressão buscando-se ajustar modelos relacionando-se cada variável dependente à variável independente. Os modelos foram escolhidos baseados na significância dos coeficientes de regressão com 1; 5 e 10% de probabilidade, pelo teste “t”, e no coeficiente de determinação pela relação ($R^2 = \text{SQRegressão}/\text{SQTratamento}$) com a utilização do programa estatístico R.

5. RESULTADOS

5.1. Experimento I – híbrido FT 2015, safra 2018/2019

5.1.1. Índice SPAD

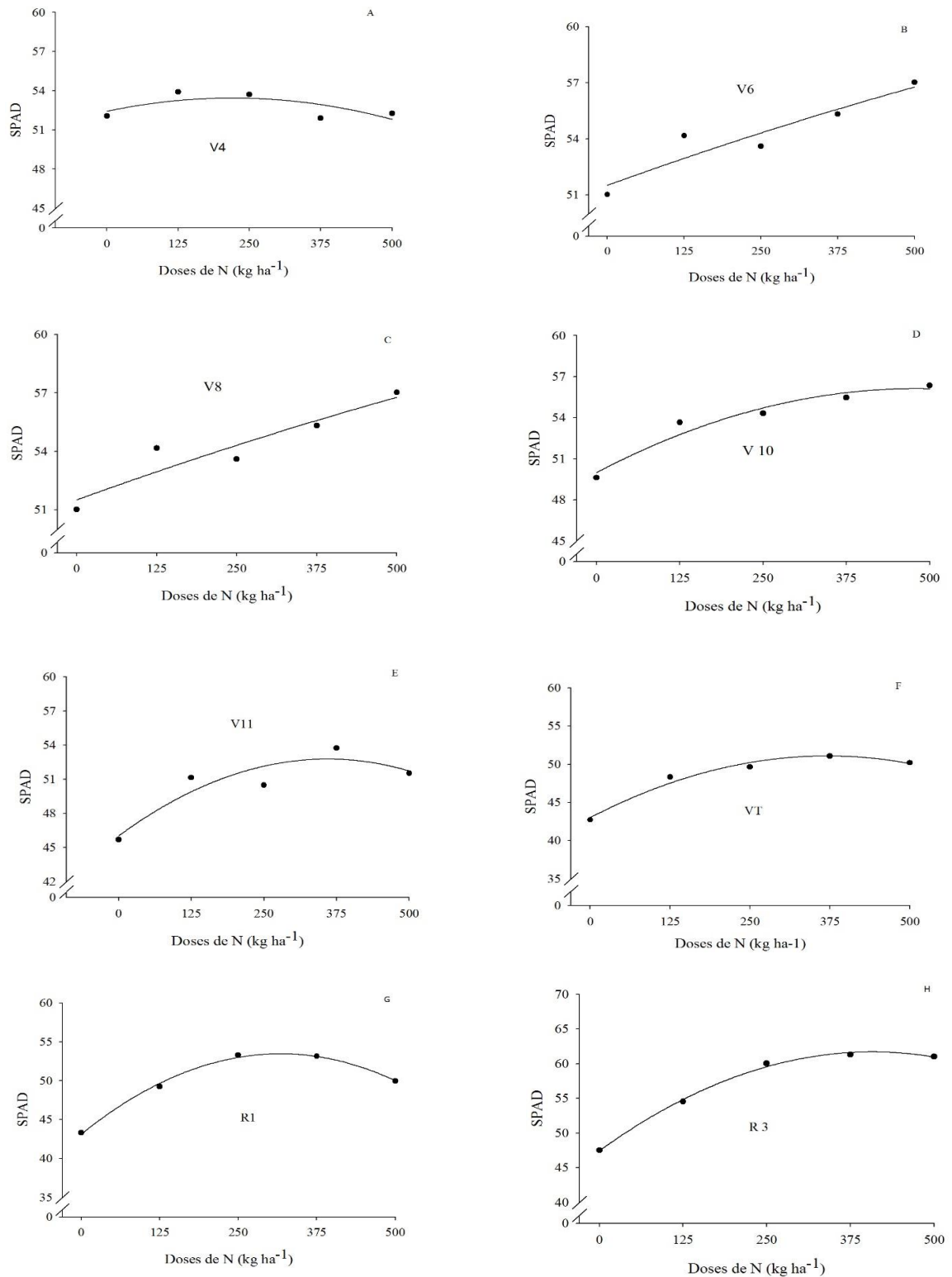
Houve efeito significativo das doses de N sobre os índices SPAD nos estádios V4, V6, V8, V10, V11, VT, R1 e R3. As equações ajustadas e as figuras que representam a relação entre doses de N e SPAD, ao longo do ciclo da cultura do milho doce Híbrido FT 2015, estão apresentados na Tabela 4 e Figura 4, respectivamente.

Tabela 4. Equações ajustadas da relação entre o índice SPAD e doses de nitrogênio ao longo do ciclo do milho doce Híbrido FT 2015, safra 2018/2019.

Estádio da planta	Equações ajustadas - SPAD	R ²
V4	$\hat{y} = 52,440 + 0,0139^{\circ}x - 0,000029^*x^2$	0,6871
V6	$\hat{y} = 51,772 + 0,0103^{**}x$	0,8346
V8	$\hat{y} = 51,772 + 0,0103^{**}x$	0,8346
V10	$\hat{y} = 49,137 + 0,0306^{**}x - 0,000037^{\circ}x^2$	0,9459
V11	$\hat{y} = 46,676 + 0,0337^{**}x - 0,000047^{**}x^2$	0,8312
VT	$\hat{y} = 43,651 + 0,0426^{**}x - 0,00006^{**}x^2$	0,9680
R1	$\hat{y} = 44,871 + 0,0451^{**}x - 0,00006^*x^2$	0,9945
R3	$\hat{y} = 48,051 + 0,0643^{**}x - 0,000076^*x^2$	0,9819

** - Significativo a 1 %, * - 5% e ° - significativo a 10% de probabilidade pelo teste T.
Fonte: Autora (2021).

Figura 4 - Relação entre o índice SPAD e doses de nitrogênio (N) no milho doce Híbrido FT 2015, safra 2018/2019. A- Estádio V4. B – Estádio V6. C- Estádio V8. D- Estádio V10. E- Estádio V11. F- Estádio VT. G- Estádio R1. H- Estádio R3.



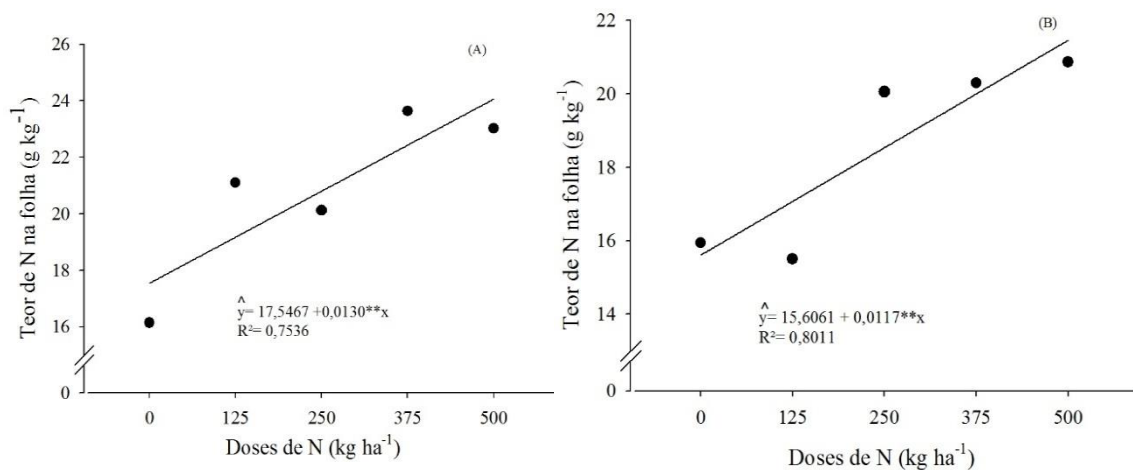
Fonte: Autora (2021).

Houve aumento nos valores de SPAD na folha do híbrido FT 2015 à medida que se aumentou a dose de N, em todos os estádios avaliados (Figura 3). No estádio V4 (Figura 4A), o valor máximo de SPAD foi de 54,10, obtido com a dose de 239,65 kg ha⁻¹ de N. Em V6 (Figura 4B) e V8 (Figura 4C), houve resposta linear positiva em função do aumento das doses de N (Figura 4D), V11 (Figura 4E), VT (Figura 4F), R1 (Figura 4G) e R3 (Figura 4H), os valores máximos de SPAD foram de 55,46; 52,71; 51,21; 53,34 e 61,65, respectivamente, encontrados nas doses de 413,51 kg ha⁻¹, 358,51 kg ha⁻¹, 355 kg ha⁻¹, 375 kg ha⁻¹ e 423,02 kg ha⁻¹ de N.

5.1.2 – Análise de N na planta nos estádios VT e R3

Houve efeito significativo no teor de N na folha e no colmo nos estádios VT e R3 (Figura 5), enquanto no grão apenas o teor de N apresentou significância com as doses de N testadas.

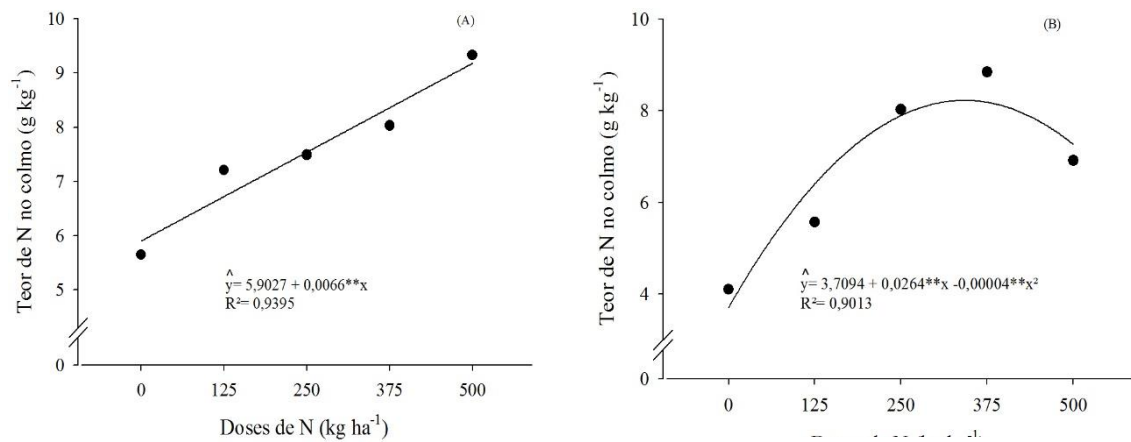
Figura 5. Relação entre teor de N na folha e doses de nitrogênio (N), no milho doce híbrido FT 2015, nos estádios VT (A) e R3 (B), safra 2018/2019.



Fonte: Autora (2021).

O teor de N nas folhas ajustou-se de forma linear com a adição de doses de N nos dois estádios avaliados. Nos estádios VT (Figura 5A) e R3 (Figura 5B), a fertilização com N influenciou o aumento de 0,0130 g kg⁻¹ e de 0,0117 g kg⁻¹ de teor de N foliar a cada 1 kg ha⁻¹ de N aplicado, respectivamente.

Figura 6 - Relação entre teor de N no colmo de milho doce híbrido FT 2015 e doses de nitrogênio (N), nos estádios VT (A) e R3 (B), safra 2018/2019.

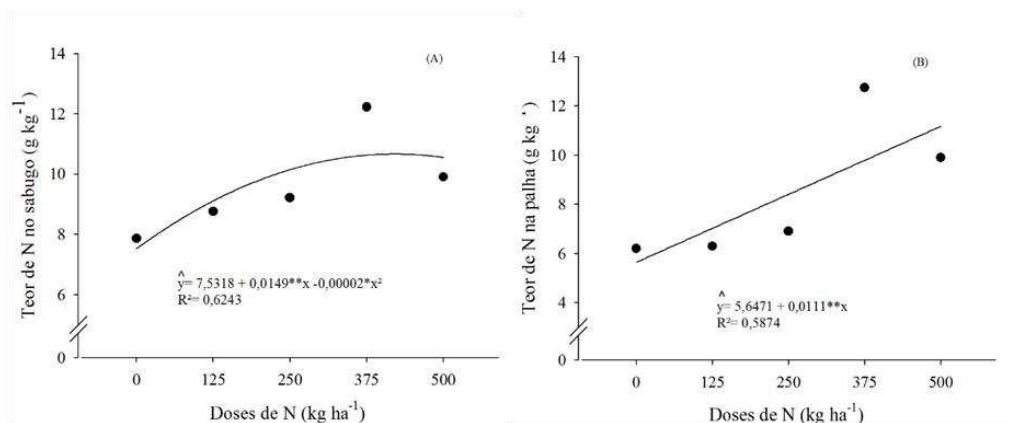


Fonte: Autora (2021).

Também, o aumento da dose de N propiciou aumento do teor de N nos colmos, nas duas épocas avaliadas (Figura 6). No estágio VT (Figura 6A), pode-se observar resposta linear a doses de N, com incremento de 0,0066 g kg⁻¹ do teor de N no colmo, a cada 1 kg ha⁻¹ de N aplicado. No estágio R3 (Figura 6B), o valor máximo de teor de N no colmo foi de 8,06 g kg⁻¹, obtido com a dose de 330 kg ha⁻¹ de N.

Houve resposta de forma quadrática das doses de N para teor de N no sabugo e resposta linear para teor de N palha.

Figura 7- Relação entre teor de N no sabugo (A) e na palha (B), sob doses de nitrogênio (N), no milho doce híbrido FT 2015, safra 2018/2019.



Fonte: Autora (2021).

O valor máximo de teor de N no sabugo (Figura 7A) foi de 10,30 g kg⁻¹, obtido com a dose de 372,5 kg ha⁻¹ de N. Com relação ao teor de N na palha (Figura 7B), verificou-se que a

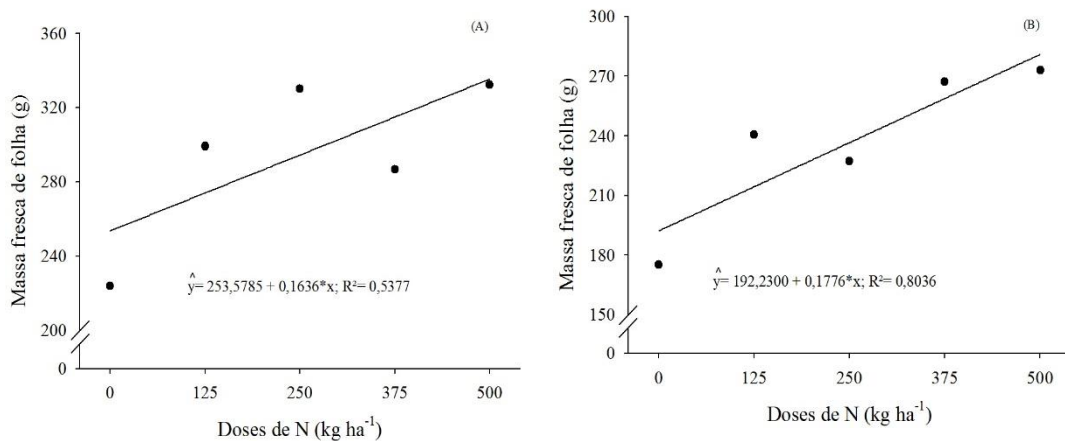
cada 1 kg ha⁻¹ de N aplicado houve aumento de 0,0111g kg⁻¹ de teor de N na palha.

O teor de N no grão não apresentou diferença significativa em relação às doses de N estudadas, apresentando média de 24 g kg⁻¹.

5.1.3 – Características fitotécnicas avaliadas nos estádios de pendoamento (VT) e estágio leitoso (R3)

Em relação às características vegetativas, somente a massa fresca e massa seca de folhas, massa fresca e massa seca do colmo apresentaram diferenças significativas em relação a aplicação de doses de N nos estádios de pendoamento (VT) e leitoso (R3) e a massa seca do pendão somente no estágio VT.

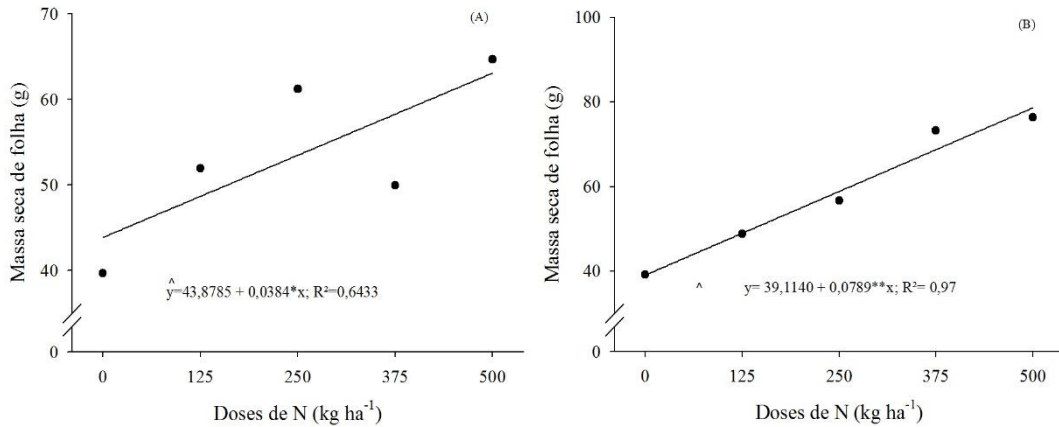
Figura 8 - Relação de massa fresca de folha e doses de nitrogênio (N), no milho doce Híbrido FT 2015, nos estádios VT (A) e R3 (B), safra 2018/2019.



Fonte: Autora (2021).

Houve ajuste de forma linear entre a massa fresca de folha e doses de N, nos estádios avaliados (Figura 8). Podem-se observar aumentos de 0,1636 g e 0,1776g a cada 1 kg ha⁻¹ de N aplicado para massa fresca de folha nos estádios VT (Figura 8A) e R3 (Figura 8B), respectivamente.

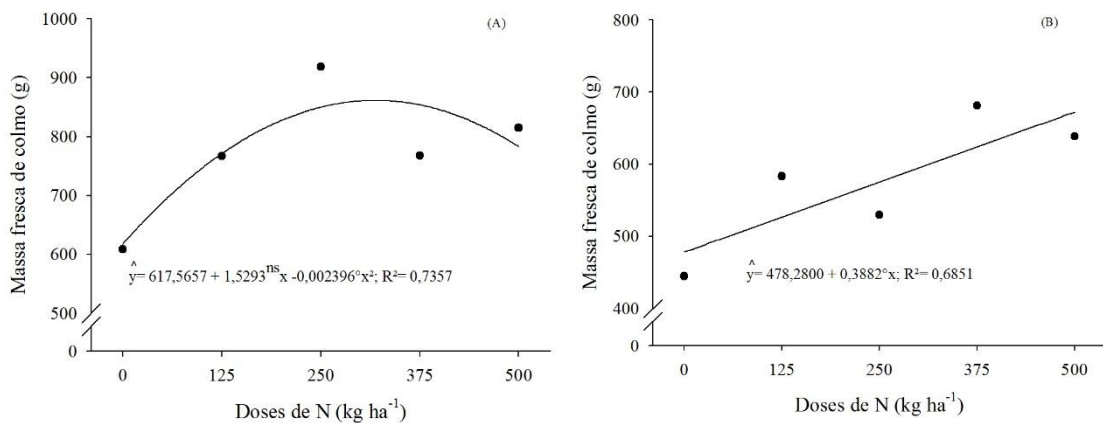
Figura 9 - Relação entre massa seca de folha e doses de nitrogênio (N), no milho doce Híbrido FT 2015, nos estádios VT (A) e R3 (B), safra 2018/2019.



Fonte: Autora (2021).

Na avaliação da massa seca de folhas nos estádios VT e R3 observou-se que os dados se ajustaram ao modelo linear às doses de N aplicadas (Figura 9). Verificou-se aumento de 0,0384g e 0,0789g de massa seca foliar a cada 1 kg ha⁻¹ de N aplicado em VT (Figura 9A) e R3 (Figura 9B), respectivamente.

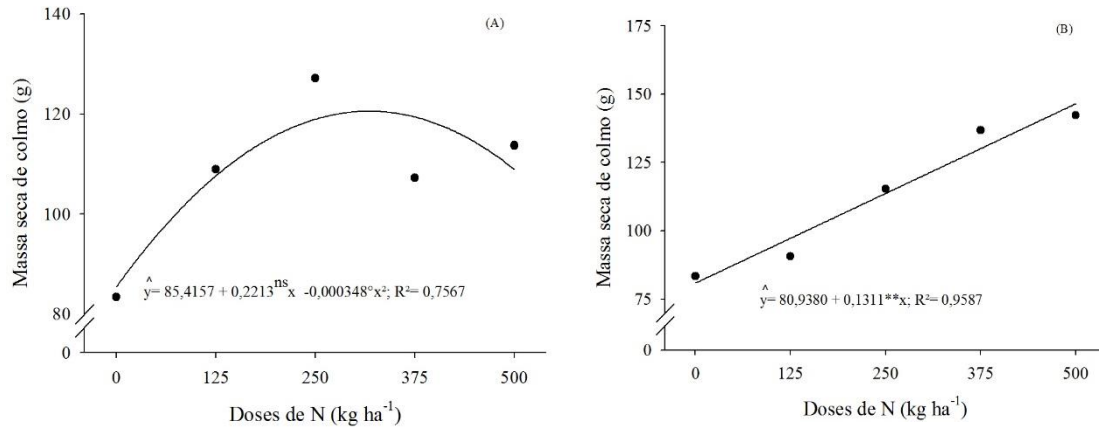
Figura 10 - Relação entre massa fresca de colmo e doses de nitrogênio (N), no milho doce Híbrido FT 2015, nos estádios VT (A) e R3 (B), safra 2018/2019.



Fonte: Autora (2021).

No estádio VT (Figura 10A), a massa fresca de colmo apresentou valor máximo de 861,59g com a dose de 319,87 kg ha⁻¹ de N, em resposta quadrática e linear à adição de N. No estádio R3 (Figura 10B), houve incremento de 0,3882g de massa fresca de colmo a cada 1 kg ha⁻¹ de N aplicado.

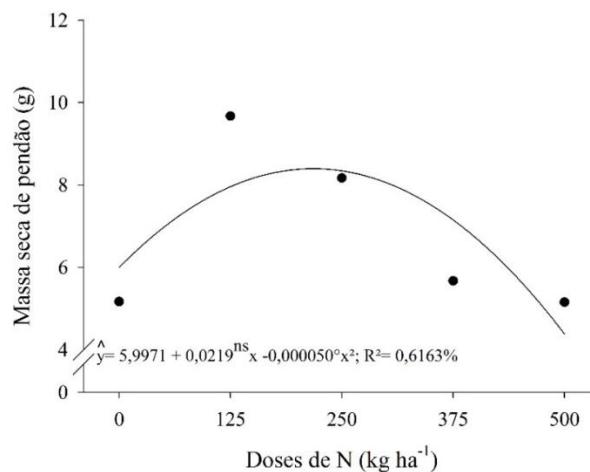
Figura 11 - Relação entre massa seca de colmo e doses de nitrogênio (N), no milho doce Híbrido FT 2015, nos estádios VT (A) e R3 (B), safra 2018/2019.



Fonte: Autora (2021).

A adubação com N proporcionou valor máximo de massa seca de colmo acumulado pelo milho doce no estádio VT (Figura 11A), com 120,59g na dose de 317,95 kg ha⁻¹ N. Na época de colheita (Figura 11B), verificou-se aumento de 0,1311g de massa seca de colmo a cada adição de 1 kg ha⁻¹ de N.

Figura 12: Relação entre massa seca de pendão e doses de nitrogênio (N), no milho doce Híbrido FT 2015, no estádio VT, safra 2018/2019.



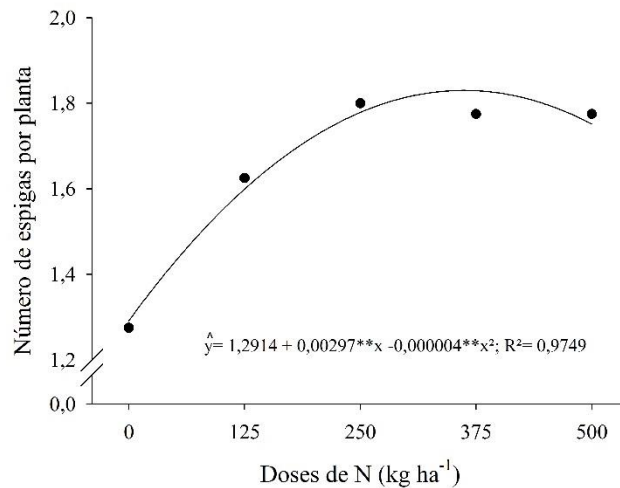
Fonte: Autora (2021).

A adubação com N aumentou a massa seca de pendão no estádio VT, com ajuste ao modelo quadrático (Figura 12), tendo o valor máximo (8,39 g) sido atingido com a dose de 219 kg ha⁻¹ de N.

5.1.4. Produtividade

Para as características relacionadas à produtividade de espigas, no híbrido FT 2015, as variáveis número de espiga por planta, produtividade de espigas com palha e produtividade sem palha, número de fileiras de grãos nas espigas e número de grãos por fileira, massa fresca do sabugo e massa fresca do grão foram influenciadas significativamente pelas doses de N. As demais características avaliadas: comprimento e diâmetro de espiga, massa fresca e seca de palha, massa fresca de sabugo e massa seca de grão não foram afetadas pela adubação com N.

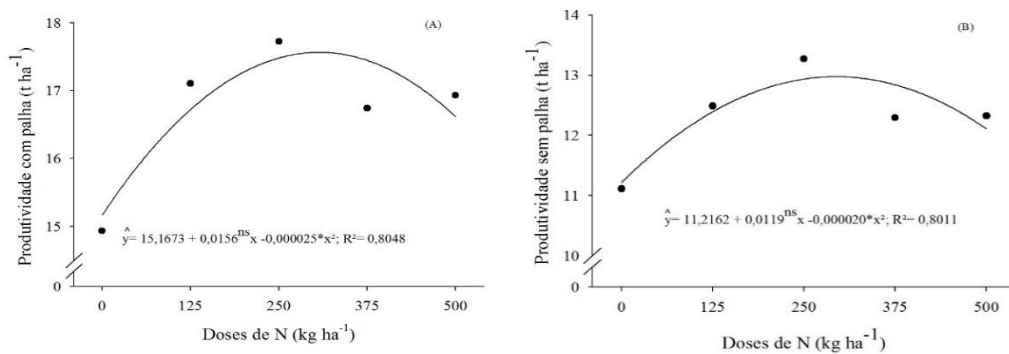
Figura 13 - Relação entre número de espigas por planta e doses de nitrogênio (N), no milho doce Híbrido FT 2015, safra 2018/2019.



Fonte: Autora (2021).

Houve ajuste quadrático para número de espiga por planta em relação às doses de N testadas (Figura 13). Observou-se que a adubação com N aumentou o número de espigas por planta, sendo o ponto máximo atingido com a dose estimada de 371,25 kg ha⁻¹.

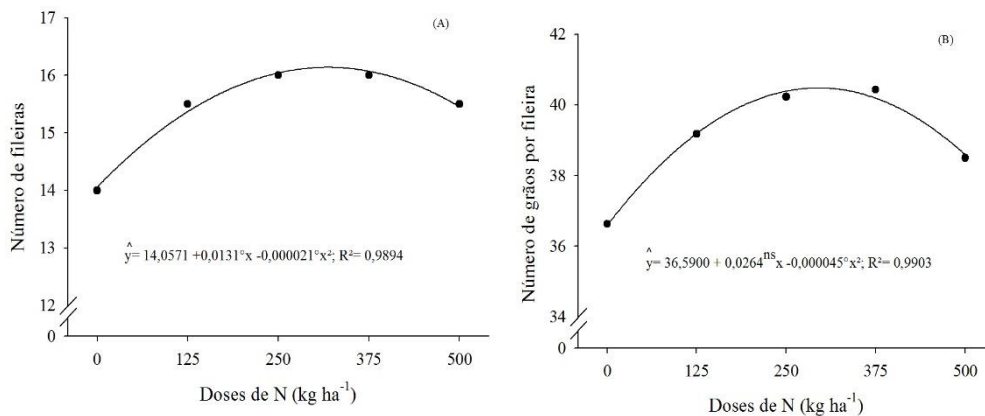
Figura 14 - Relação entre produtividade de espigas com palha (A) e sem palha (B) em função de doses de nitrogênio (N), no milho doce Híbrido FT 2015, safra 2018/2019.



Fonte: Autora (2021).

Com relação à produtividade de espiga com palha e sem palha, houve resposta quadrática às doses de N aplicadas (Figura 14). Verificou-se que a adubação com N favoreceu as produtividades de espigas com palha (Figura 14A) e sem palha (Figura 14B), sendo os valores máximos atingidos 17,45 t ha⁻¹ e 12,98 t ha⁻¹, respectivamente, com as doses de 312 kg ha⁻¹ e 297,5kg ha⁻¹ de N.

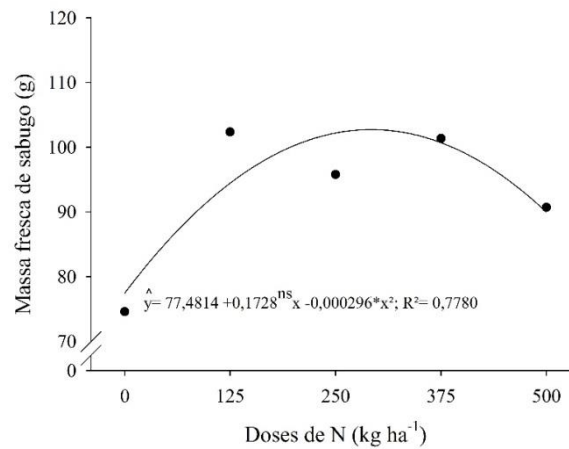
Figura 15 - Relação entre número de fileiras (A) e número de grãos por fileira da espiga (B) em função de doses de nitrogênio (N), Híbrido FT 2015, safra 2018/2019.



Fonte: Autora (2021).

O número de fileiras, e o número de grãos por fileira da espiga, apresentaram resposta quadrática à adubação nitrogenada, com aumento no número de fileiras (Figura 15A) e de grãos por fileira (Figura 15B), até os valores máximos de 16,10 e 40,46, respectivamente, obtidos com as doses estimadas de 311,9 kg ha⁻¹ e 293,3 kg ha⁻¹ de N.

Figura 16 - Relação entre massa fresca de sabugo em função de doses de nitrogênio (N), Híbrido FT 2015, safra 2018/2019.



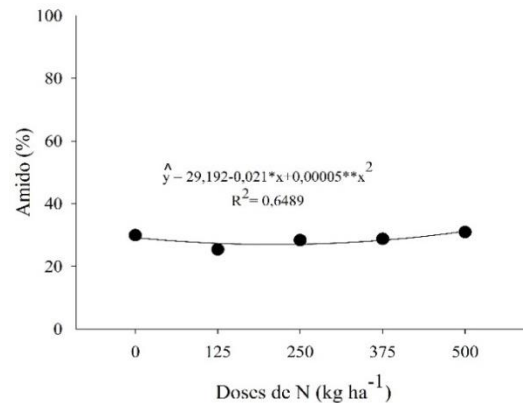
Fonte: Autora (2021).

Houve acréscimos na massa fresca do sabugo, observando-se resposta quadrática à aplicação das doses de N (Figura 16), sendo o valor máximo acumulado durante o ciclo do milho doce igual a 102,70g, obtido com 291,89 kg ha⁻¹ de N.

5.1.5. Teores de amido e açúcar avaliados no grão

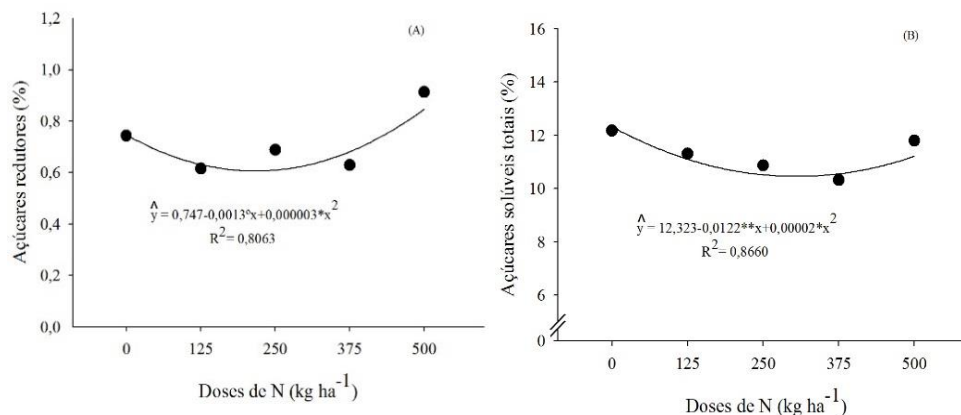
O valor mínimo do teor de amido no grão do híbrido FT 2015, em resposta quadrática às doses de N testadas (Figura 17), foi 26,98%, obtido com a dose 210 kg ha⁻¹, sendo que dose zero e a maior dose de N propiciaram os maiores teores de amido nos grãos.

Figura 17 - Relação entre teor de amido e doses de N, no milho doce híbrido FT 2015, safra 2018/2019.



Fonte: Autora (2021).

Figura 18 - Relação entre teor de açúcar redutor (A) e teor de açúcares solúveis totais (B) em função de doses de N, no milho doce híbrido FT 2015, safra 2018/2019.



Fonte: Autora (2021).

De forma semelhante ao teor de amido, os teores de açúcar redutor (AR) (Figura 18A), em resposta quadrática, apresentaram teor mínimo igual a 0,6% com a dose 216,67 kg ha⁻¹ de N. Já os teores de açúcares solúveis totais (AST) (Figura 18B) apresentaram o valor mínimo de 10,46% com a dose de 305 kg ha⁻¹ de N.

5.2. Experimento II – variedade Havaí, safra 2019

5.2.1. Índice SPAD

Houve efeito significativo das doses de N sobre o índice SPAD, avaliado nos estádios V5, V7, V9, V11, V12, ao longo do ciclo da cultura do milho doce, variedade Havaí (Tabela 5

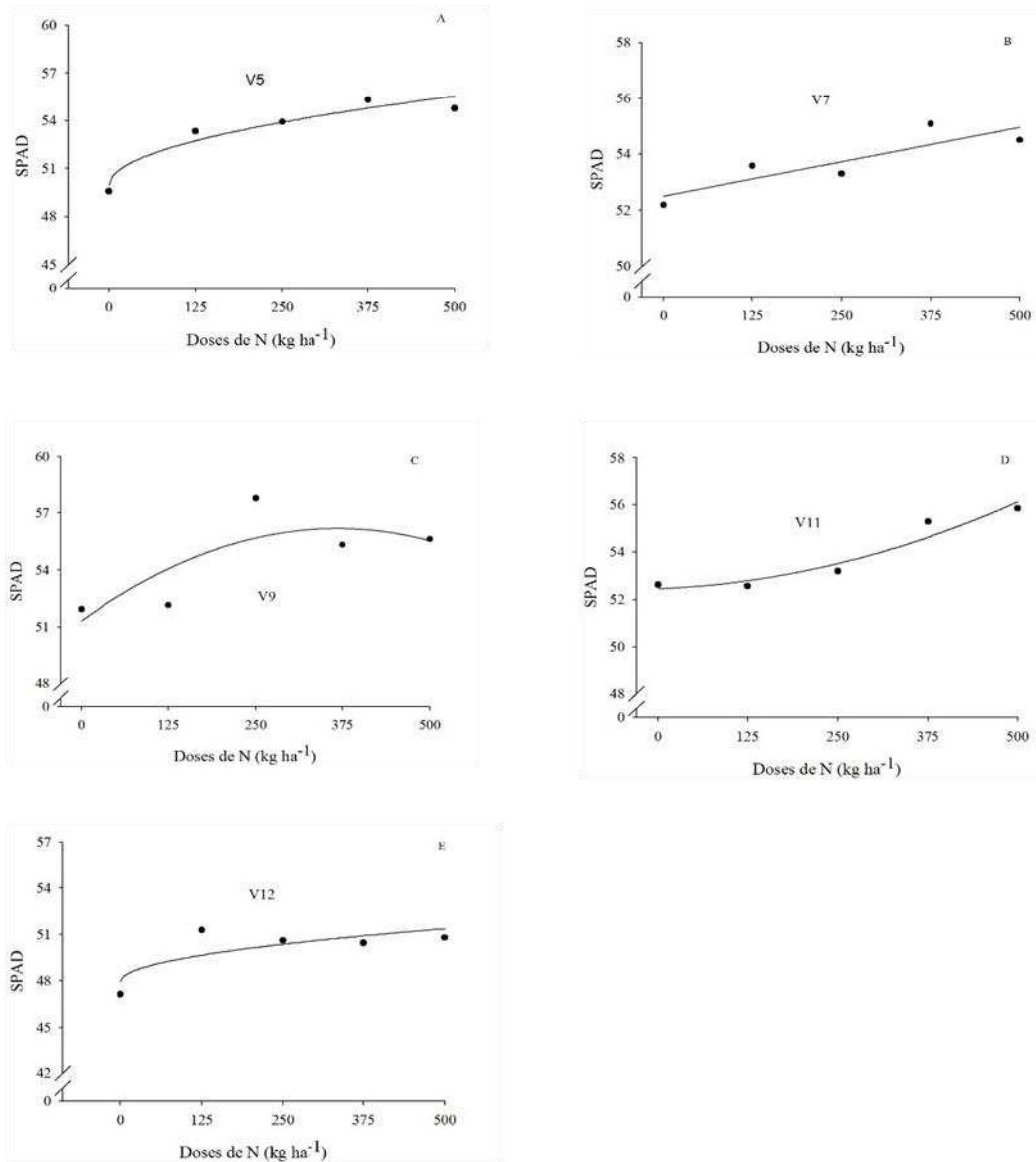
e Figura 19).

Tabela 5. Equações ajustadas da relação entre o índice SPAD e doses de nitrogênio (N) ao longo do ciclo vegetativo do milho doce variedade Havai.

Estádio da planta	Equações ajustadas - SPAD	R ²
V5	$\hat{y} = 49,949 + 0,2497^{**}x^{0,5}$	0,9336
V7	$\hat{y} = 52,50 + 0,0049*x$	0,7502
V9	$\hat{y} = 51,330 + 0,0264*x - 0,000036^{\circ}x^2$	0,6311
V11	$\hat{y} = 52,544 + 0,000014^{**}x^2$	0,9263
V12	$\hat{y} = 47,962 + 0,1529*x^{0,5}$	0,6448

** - Significativo a 1%, * - 5 % e ° - 10% de probabilidade pelo teste T.
 Fonte: Autora (2021).

Figura 19 - Relação entre o índice SPAD e doses de nitrogênio (N) no milho doce variedade Havaí, safra 2019. A- Estádio V5. B – Estádio V7. C- Estádio V9. D- Estádio V11. E- Estádio V12.



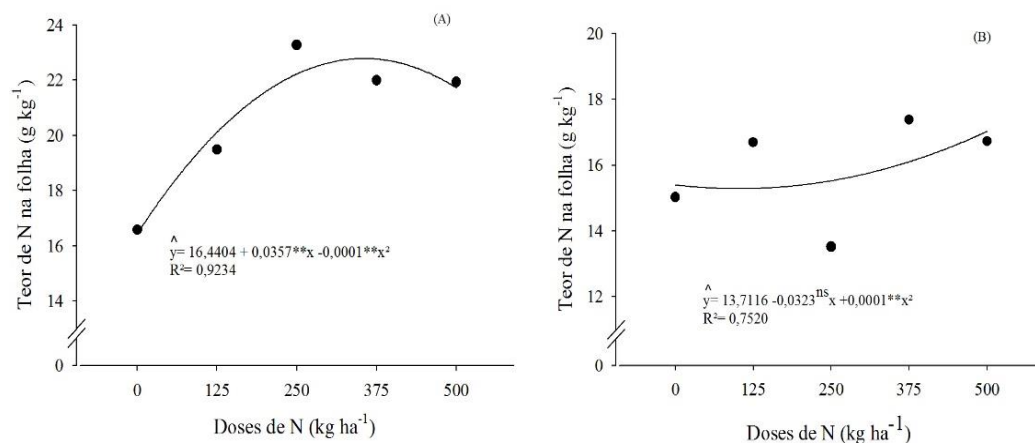
Fonte: Autora (2021).

A adubação com N aumentou os valores de SPAD em todos os estádios avaliados durante o ciclo do milho doce (Figura 19). Foi observado que os modelos apresentaram resposta raiz quadrada em V5 (Figura 19A) e V12 (Figura 19E), efeito linear nos estádios V7 (Figura 19B), modelo de segundo grau incompleto em V11 (Figura 19D) e ajuste quadrático em V9 (Figura 19C) onde o valor máximo de SPAD foi 56,17 com a dose de 366,66 kg ha⁻¹ de N.

5.2.2. Análise de N na planta inteira nos estádios VT e R3

O teor de N na folha aumentou, seguindo o modelo quadrático, em resposta às doses de N nos estádios VT e R3 avaliados (Figura 20).

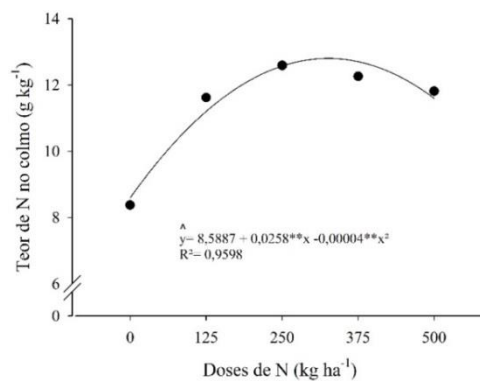
Figura 20 - Relação entre teor de N nas folhas e doses de nitrogênio (N), no milho doce variedade Havaí, nos estádios VT (A) e R3 (B).



Fonte: Autora (2021).

A adubação nitrogenada aumentou o teor de N foliar no estágio VT (Figura 20A), atingindo-se o ponto máximo na dose estimada de 178,5 kg ha⁻¹ de N. No estágio R3 (Figura 20B), verificou-se ponto mínimo com a dose estimada de 161,5 kg ha⁻¹ de N.

Figura 21 - Relação entre teor de N no colmo e doses de nitrogênio (N), no milho doce variedade Havaí, no estágio VT.



Fonte: Autora (2021).

A adubação com as doses de N aumentou o teor de N no colmo na variedade Havaí,

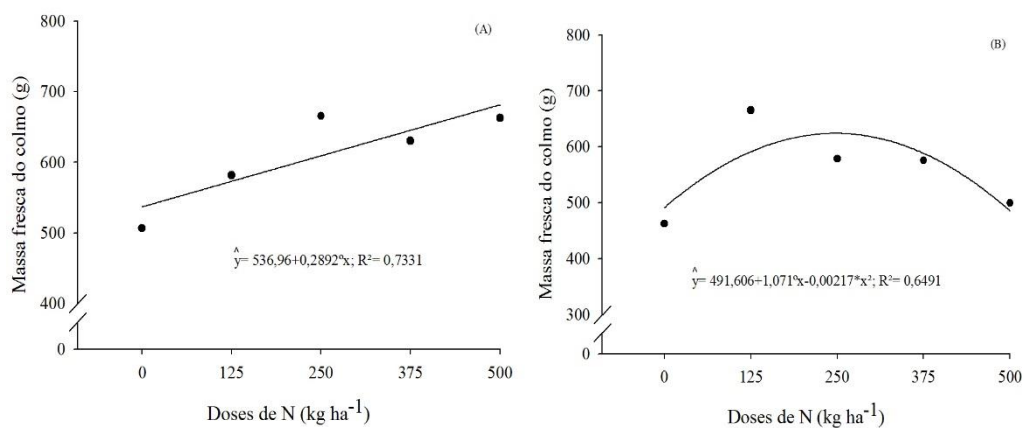
com ajuste ao modelo quadrático (Figura 21), propiciando o valor máximo de 12,75 g kg⁻¹ de N no colmo, no estágio VT com a dose de 322,5 kg ha⁻¹ de N.

Com relação ao teor de N no grão, não foi constatada diferença significativa com a aplicação das doses de nitrogênio, obtendo-se média de 20,3 g kg⁻¹.

5.2.3. Características fitotécnicas avaliadas nos estádios de pendramento (VT) e estágio leitoso (R3)

Houve resposta linear para massa fresca do colmo no estágio VT e resposta quadrática no estágio R3 (Figura 22).

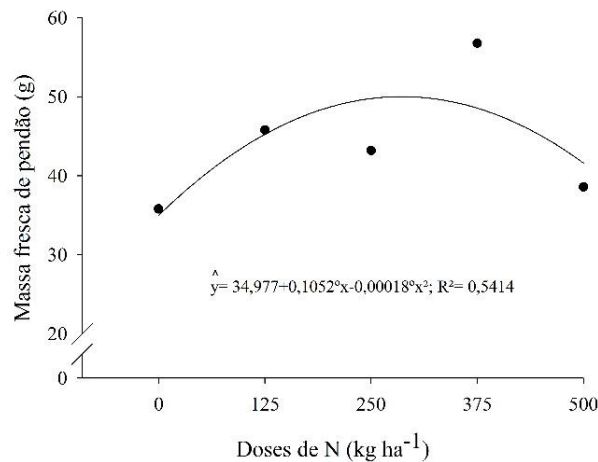
Figura 22 - Relação entre massa fresca do colmo e doses de nitrogênio (N), no milho doce variedade Havaí, avaliado nos estádios VT (A) e R3 (B).



Fonte: Autora (2021).

Em VT (Figura 22A), observou-se que a cada 1 kg ha⁻¹ de N aplicados houve o acréscimo de 0,2892g de massa fresca do colmo. Em R3 (Figura 22B), o valor máximo de massa fresca do colmo foi de 623,75 g kg⁻¹, obtido pela dose estimada de 246,77 kg ha⁻¹ de N.

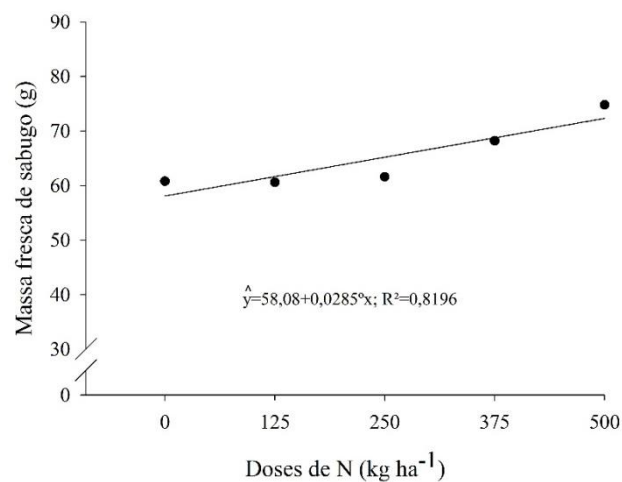
Figura 23 - Relação entre massa fresca de pendão e doses de N, no milho doce variedade Havaí, avaliado no estádio VT.



Fonte: Autora (2021).

Houve resposta quadrática para massa fresca do pendão, em resposta à aplicação de N no estádio VT (Figura 23), sendo o valor máximo de massa fresca (50,34 g) atingido com a dose de 292,22 kg ha⁻¹ de N.

Figura 24 - Relação entre massa fresca de sabugo e doses de nitrogênio (N), no milho doce variedade Havaí.



Fonte: Autora (2021).

Com relação às características de componentes das espigas, somente a massa fresca do sabugo foi influenciada pela adubação com N, apresentado um aumento de 0,0285 g na massa fresca de sabugo, para cada 1 kg ha⁻¹ de N aplicado (Figura 24).

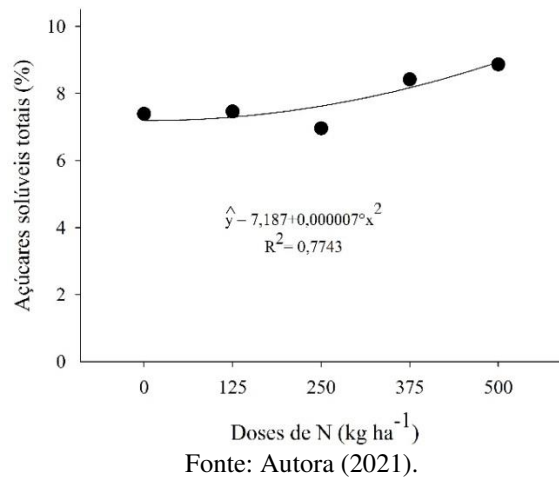
Com relação à produtividade de espigas, a variedade Havaí propiciou valores médios

de 15,12 e 8,64 t ha⁻¹ para produtividades de espiga, com palha e sem palha, respectivamente.

5.2.4. Teores de amido e açúcar avaliados no grão

Nos grãos, houve ajuste significativo dos teores de açúcares solúveis totais (AST), em resposta às doses de N, ao modelo de segundo grau incompleto (Figura 25).

Figura 25 - Relação entre teor de açúcares solúveis totais e doses de nitrogênio (N), no milho doce variedade Havaí.



As doses de N aumentaram o teor de AST na variedade Havaí, com os teores estimados variando de 7,18% obtidos com a testemunha (dose 0), a 8,93% encontrado na maior dose de N (dose 500).

5.3. Experimento III – variedade Aruba, safra 2019

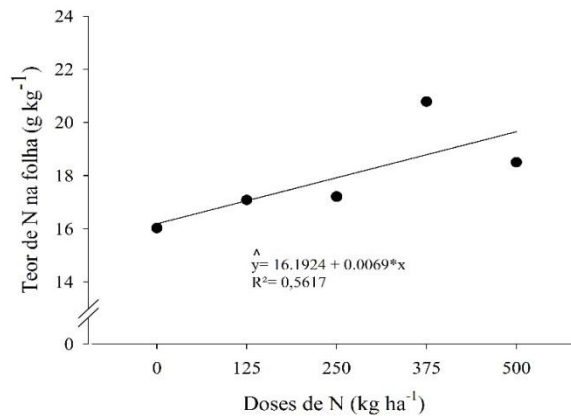
5.3.1. Índice SPAD

Para a variedade Aruba, o índice SPAD avaliado nos estádios V5, V7, V9, V11 e V12 não apresentaram diferença significativa com a adição de doses de N. No estádio V5 a média de SPAD foi de 50,5; em V7 e V9 a média de SPAD foi 52,6, em V11 a média foi 53,2, enquanto que em V12, o valor médio de SPAD foi de 51,1.

5.3.2. Teor de N na planta inteira

Com relação às análises de teor de N nas partes da planta (folha, colmo, pendão, sabugo, palha e grão), em função da aplicação de doses de N (Figura 26), a variedade Aruba apresentou diferença significativa apenas para os teores de N na folha (ajuste linear), no estádio R3, e nos teores de N no grão (ajuste linear) (Figura 27).

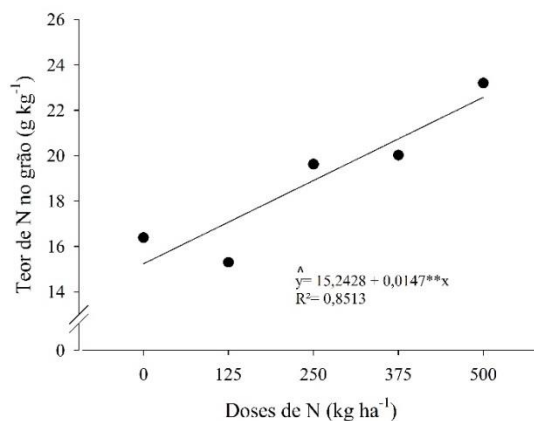
Figura 26 - Relação entre teor de N foliar e doses de nitrogênio (N), no milho doce variedade Aruba, no estádio R3.



Fonte: Autora (2021).

A adubação com N aumentou o teor de N na folha em 0,0069 g kg⁻¹ (Figura 26) para cada 1 kg ha⁻¹ de N aplicado, e o teor de N no grão em 0,0147 g kg⁻¹ (Figura 27) para cada 1 kg ha⁻¹ de N aplicado.

Figura 27 - Relação entre teor de N no grão e doses de nitrogênio (N), no milho doce variedade Aruba.

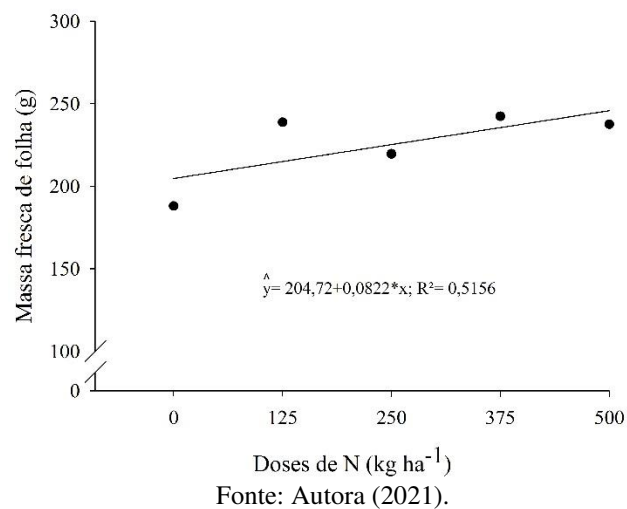


Fonte: Autora (2021).

5.3.3. Características fitotécnicas avaliadas nos estádios de pendoamento (VT) e estágio leitoso (R3)

Das características vegetativas e reprodutivas avaliadas nos estádios VT e R3 para a variedade Aruba, em resposta às doses de N, somente a massa fresca de folhas no estágio VT mostrou resposta significativa, com ajuste pelo modelo linear crescente (Figura 28). Houve incremento de 0,0822g de massa fresca de folha para cada 1kg ha⁻¹ de N aplicado.

Figura 28 - Relação entre massa fresca foliar e doses de nitrogênio (N), no milho doce variedade Aruba, no estágio VT.

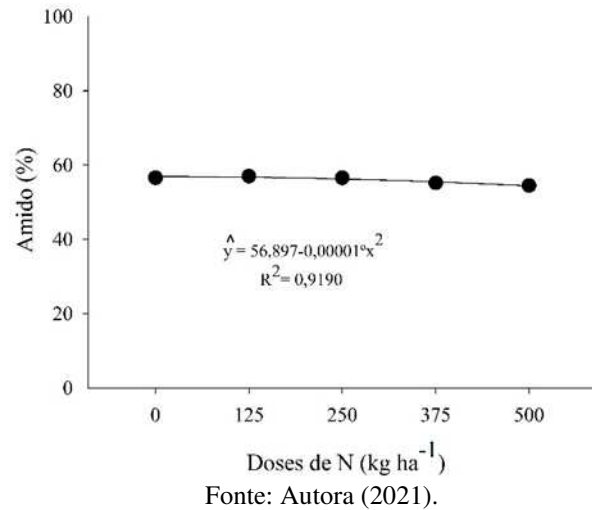


Quanto às características dos componentes das espigas, nenhuma variável foi influenciada pelas doses de N na variedade Aruba. Para as produtividades de espigas, com palha e sem palha, esta cultivar propiciou médias de 7,4 t ha⁻¹ e de 4,8 t ha⁻¹, respectivamente.

5.3.4. Teores de amido e açúcar no grão

Para a variedade Aruba observou-se que os teores de amido, açúcares redutores (AR) e açúcares solúveis totais (AST) nos grãos foram influenciados pela aplicação de doses de N.

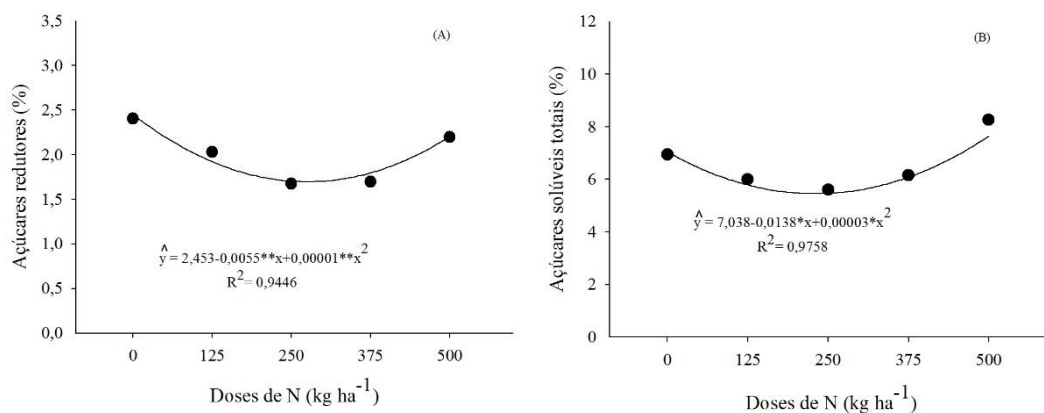
Figura 29 - Relação entre teor de amido e doses de nitrogênio (N), em grãos de milho doce variedade Aruba.



Os dados dos teores de amido foram ajustados significativamente ao modelo de segundo grau incompleto (Figura 29). Foi verificado que as doses de N reduziram o teor de amido na variedade Aruba, com valores estimados variando de 56,89% obtido com a testemunha (dose 0) a 54,39% encontrado na maior dose de N (dose 500).

Em relação aos teores de AR e AST, o modelo quadrático apresentou o melhor ajuste para estas variáveis (Figura 30).

Figura 30 - Relação entre teor de açúcares redutores (A) e teor de açúcares solúveis totais (B) e doses de nitrogênio (N), em grãos de milho doce variedade Aruba.



As doses de N reduziram o teor de AR no grão, com teor mínimo de 1,69% na dose 275 kg ha⁻¹ (Figura 30A). O teor de AST também foi reduzido com a adição de doses de N, com valor mínimo de 5,45% na dose 230 kg ha⁻¹ (Figura 30B).

5.4. Experimento IV – híbrido FT 2015, safra 2020/2021

5.4.1. Índice SPAD

Houve efeito significativo das doses de N sobre os índices SPAD avaliados nos estádios V4, V6, V8, V10, V11, VT, R1 e R3. As equações ajustadas e as figuras que representam a relação entre doses de N e SPAD ao longo do ciclo da cultura do milho doce Híbrido FT 2015 estão apresentados na Tabela 7 e Figura 31, respectivamente.

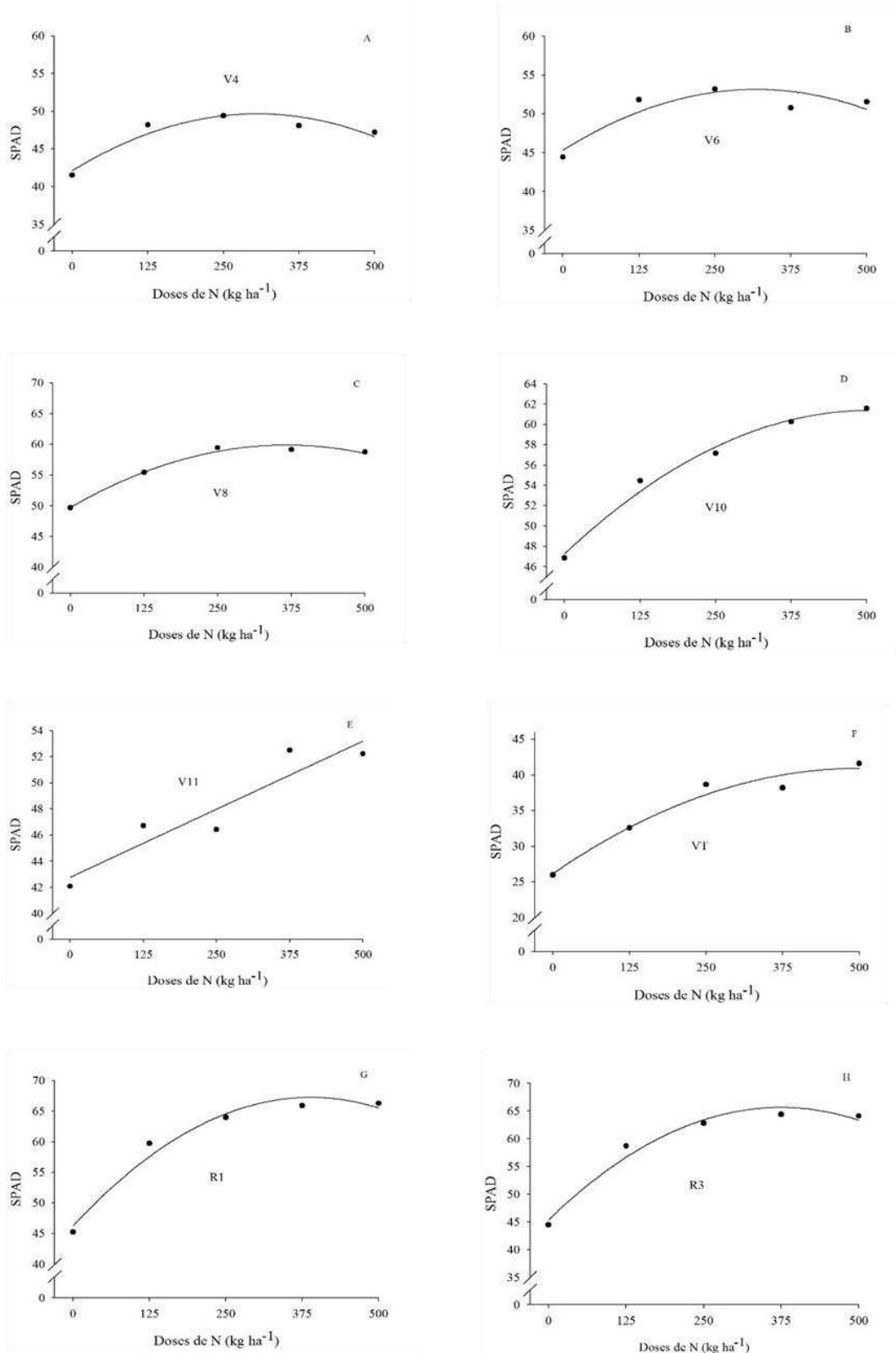
Tabela 6. Equações ajustadas da relação entre o índice SPAD e doses de nitrogênio (N) ao longo do ciclo do milho doce Híbrido FT 2015, safra 2020/2021.

Estádio da planta	Equações ajustadas - SPAD	R ²
V4	$\hat{y} = 42,112 + 0,0493^{**}x - 0,000081^{**}x^2$	0,909
V6	$\hat{y} = 45,309 + 0,0493^{**}x - 0,000078^{**}x^2$	0,812
V8	$\hat{y} = 49,730 + 0,0554^{**}x - 0,000076^{**}x^2$	0,986
V10	$\hat{y} = 47,259 + 0,056^{**}x - 0,000056^{**}x^2$	0,987
V11	$\hat{y} = 42,776 + 0,0208^{**}x$	0,880
VT	$\hat{y} = 26,185 + 0,0591^{**}x - 0,00006^{**}x^2$	0,962
R1	$\hat{y} = 46,215 + 0,1082^{**}x - 0,00014^{**}x^2$	0,973
R3	$\hat{y} = 45,407 + 0,1082^{**}x - 0,00015^{**}x^2$	0,973

** - Significativo a 1%, * - 5 % e ° - 10% de probabilidade pelo teste T.

Fonte: Autora (2021).

Figura 31 - Relação entre o índice SPAD e doses de nitrogênio (N) no milho doce Híbrido FT 2015, safra 2020/2021. A- Estádio V4. B – Estádio V6. C- Estádio V8. D- Estádio V10. E- Estádio V11. F- Estádio VT. G- Estádio R1. H- Estádio R3.



Fonte: Autora (2021).

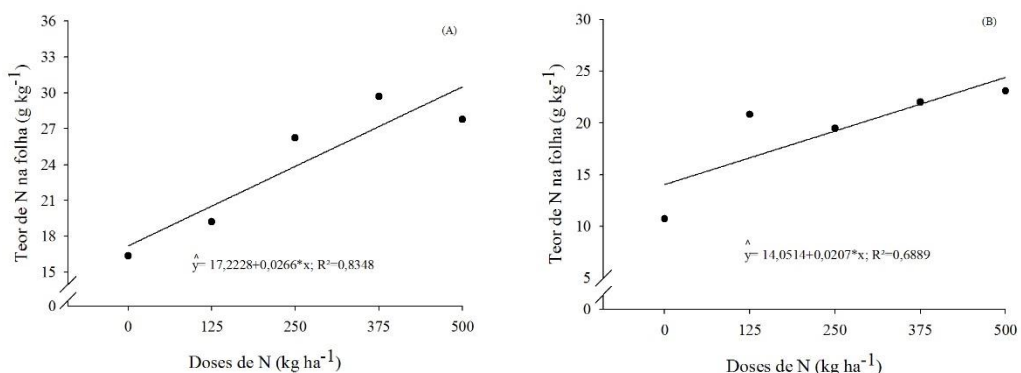
Para o segundo ano de avaliação do híbrido de milho doce FT 2015, observou-se que as leituras do índice SPAD apresentaram ajuste quadrático às doses de N em todos os estádios avaliados, exceto em V11 (Figura 31E) que apresentou resposta linear (Figura 31).

Pode-se observar que o índice SPAD aumentou com a adição de doses de N ao longo do ciclo do milho doce FT 2015 nos estádios avaliados. Os valores máximos de SPAD obtidos nos estádios vegetativos foram de 49,61; 53,09; 59,82; 61,25 e 40,73, respectivamente, obtidos com as doses de 304,32 kg ha⁻¹, 316 kg ha⁻¹, 364,47 kg ha⁻¹, 500 kg ha⁻¹ e 492,5 kg ha⁻¹ de N. Nos estádios reprodutivos R1 (Figura 31G) e R3 (Figura 31H), os máximos valores encontrados de SPAD foram de 67,12 e 64,91, respectivamente, obtidos com as doses de 386,42 kg ha⁻¹ e 360,66 kg ha⁻¹ de N.

5.4.2. Análise de teor de N na planta inteira nos estádios VT e R3

Com relação às avaliações de teor de N, observou-se que todas as partes da planta analisadas (folha, colmo e pendão) foram influenciadas pelos tratamentos com N, nas duas épocas de avaliação, enquanto que para os componentes da espiga (sabugo, palha e grão), verificou-se que apenas o teor de N no sabugo foi influenciado significativamente por doses de N.

Figura 32 - Relação entre teor de N na folha e doses de N, no milho doce Híbrido FT 2015, nos estádios VT (A) e R3 (B), safra 2020/2021.

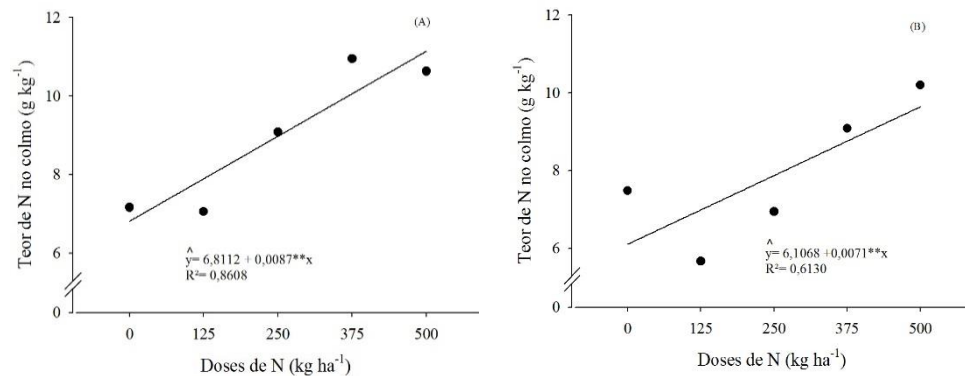


Fonte: Autora (2021).

A variação do teor de N na folha mostrou efeito linear positivo da adição de doses de N nas duas épocas estudadas (Figura 32). Verificaram-se aumentos de 0,0266g e 0,0207g kg⁻¹ de teor de N foliar nos estádios VT (Figuras 32A) e R3 (Figura 32B), respectivamente.

A variação do teor de N no colmo mostrou efeito linear positivo da adição de doses de N nas duas épocas estudadas (Figura 33).

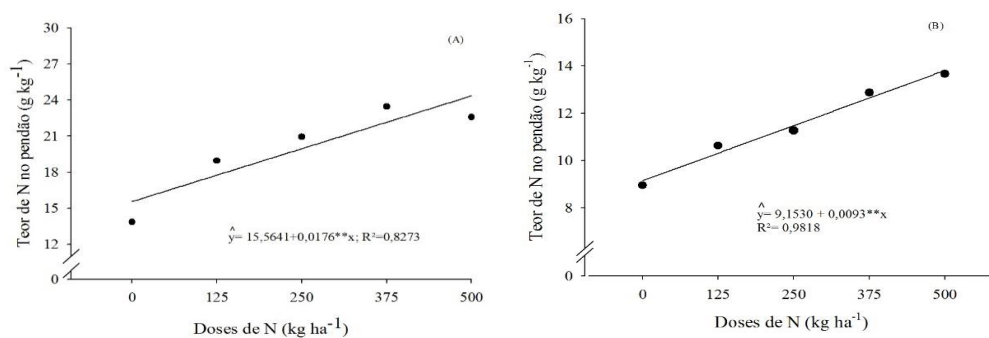
Figura 33 - Relação entre teor de N no colmo e doses de nitrogênio (N), no milho doce Híbrido FT 2015, nos estádios VT (A) e R3 (B), safra 2020/2021.



Fonte: Autora (2021).

Nos dois estádios estudados, pode-se observar efeito linear com aumento de 0,0087g kg⁻¹ e de 0,0071g kg⁻¹ no teor de N no colmo a cada aplicação de 1 kg ha⁻¹ de N, em VT (Figura 33A) e R3 (Figura 33B), respectivamente.

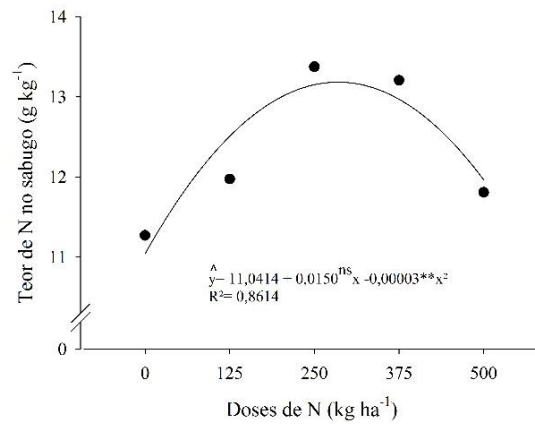
Figura 34 - Relação entre teor de N no pendão e doses de N, no milho doce Híbrido FT 2015, nos estádios VT (A) e R3 (B), safra 2020/2021.



Fonte: Autora (2021).

Foi verificado que o teor de N no pendão apresentou ajuste linear nos estádios VT e R3 (Figura 34). Podem-se observar acréscimos de 0,0176g kg⁻¹ e 0,0093 g kg⁻¹ de teor de N no pendão em VT (Figura 34A) e R3 (Figura 34B), respectivamente a cada 1 kg ha⁻¹ de N aplicado.

Figura 35. Relação entre teor de N no sabugo e doses de N, no milho doce Híbrido FT 2015, safra 2020/2021.



Fonte: Autora (2021).

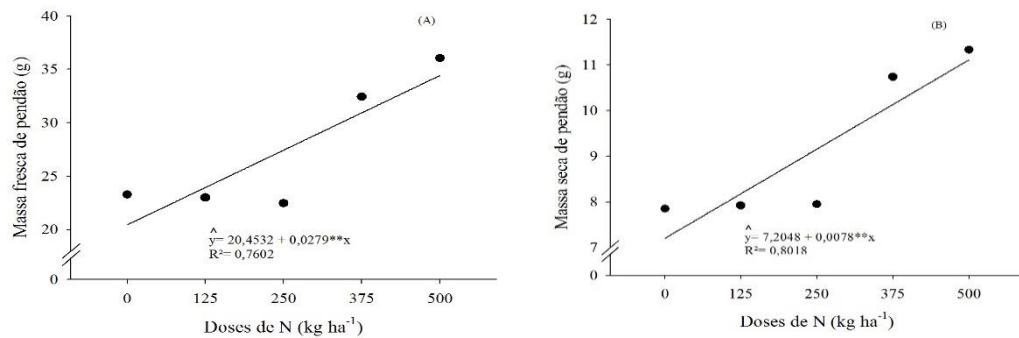
A fertilização com N proporcionou valor máximo de 12,91g kg⁻¹ no teor de N no sabugo, valor obtido com a dose de 250 kg ha⁻¹ de N, mostrado pela resposta quadrática do teor de N no sabugo em função da aplicação de doses de N (Figura 35).

O Híbrido FT 2015 não apresentou diferença significativa para teor de N no grão com a adição de doses de N, obtendo média de 24,1 g kg⁻¹.

5.4.3. Características fitotécnicas avaliadas nos estádios de pendramento (VT) e estágio leitoso (R3)

No estágio VT, a massa fresca e massa seca de pendão responderam à adubação, apresentando resposta linear à aplicação das doses de N.

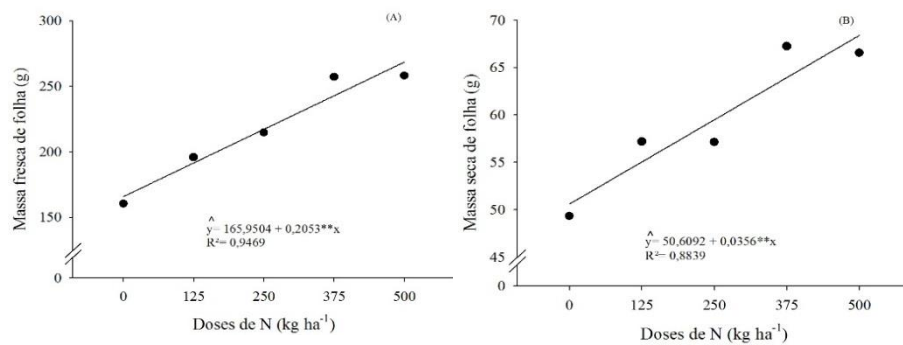
Figura 36 - Relação entre a massa fresca (A) e massa seca de pendão (B) sob doses de N, no milho doce híbrido FT 2015, no estágio (VT), safra 2020/2021.



Fonte: Autora (2021).

A massa fresca e massa seca de pendão apresentaram incrementos de 0,0279g de massa fresca de pendão (Figura 36A) e de 0,0078g de massa seca de pendão (Figura 36B), para cada 1 kg ha⁻¹ de N aplicado.

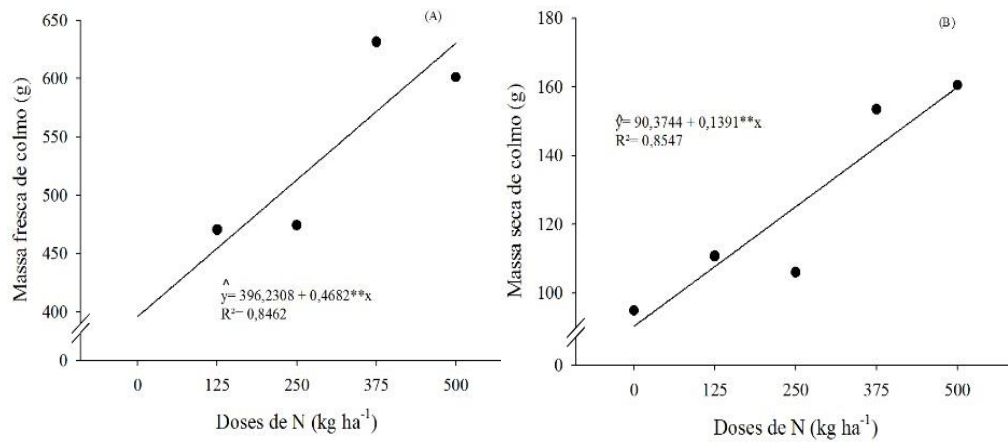
Figura 37 - Relação entre a massa fresca (A) e massa seca de folha (B) sob doses de N, no milho doce híbrido FT 2015, no estágio R3, safra 2020/2021.



Fonte: Autora (2021).

No estágio R3, a massa fresca e massa seca de folha apresentaram resposta linear à aplicação de doses de N com acréscimos de 0,2053g de massa fresca de folha (Figura 37A) e 0,0356g de massa seca de folha (Figura 37B), para cada 1 kg ha⁻¹ de N aplicado.

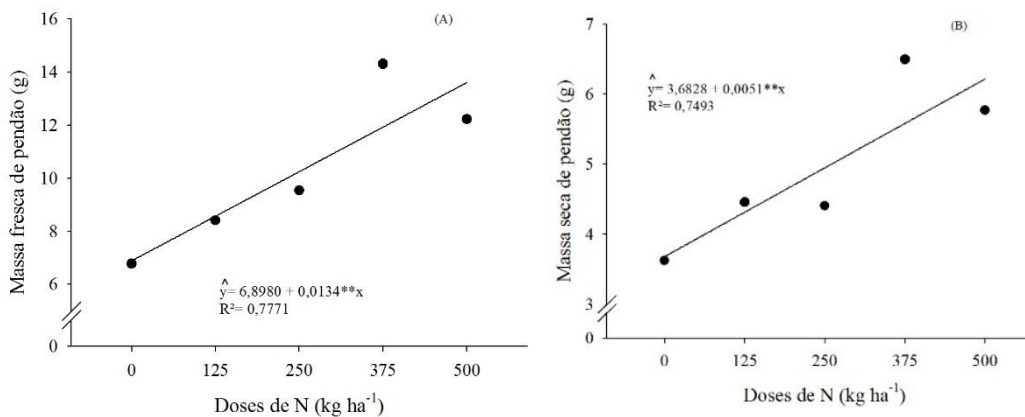
Figura 38 - Relação entre a massa fresca (A) e massa seca de colmo (B) sob doses de N, no milho doce híbrido FT 2015, no estágio leitoso (R3), safra 2020/2021.



Fonte: Autora (2021).

Para colmos, no estágio R3, observou-se resposta linear para massa fresca e massa seca à aplicação de doses de N, com aumentos de 0,4682 g de massa fresca (Figura 38A) e 0,1391g de massa seca de colmo (Figura 38B), para cada 1 kg ha⁻¹ de N aplicado.

Figura 39 - Relação entre massa fresca (A) e massa seca de pendão (B) sob doses de N, no milho doce Híbrido FT 2015, estágio R3, safra 2020/2021.



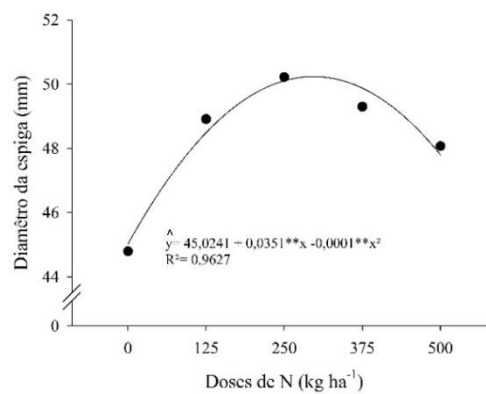
Fonte: Autora (2021).

Também para massa fresca e seca de pendão, no estágio R3, houve resposta linear à aplicação de doses de N, sendo que para cada 1 kg ha⁻¹ de N aplicado, obteve-se aumento de 0,0134 g de massa fresca (Figura 39A) e 0,0051g de massa seca (Figura 39B).

5.4.4. Produtividade

Para as características relacionadas a produtividade de espigas, no segundo experimento do híbrido FT 2015 (safra 2020/2021), as variáveis diâmetro da espiga, número de grãos por fileira da espiga, número de espiga por planta, porcentagem de espigas comerciais, produtividade de espigas com palha, massa seca de sabugo, massa seca de palha e massa fresca e massa seca de grãos foram influenciadas significativamente pelas doses de N.

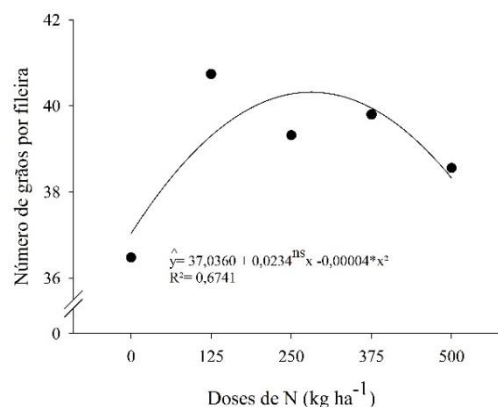
Figura 40 - Relação entre diâmetro da espiga em função de doses de N, no milho doce Híbrido FT 2015, safra 2020/2021.



Fonte: Autora (2021).

O diâmetro das espigas apresentou resposta quadrática à aplicação de doses de N (Figura 40), sendo que o valor máximo de 48,10 mm foi obtido com a dose de 175,5 kg ha⁻¹ de N.

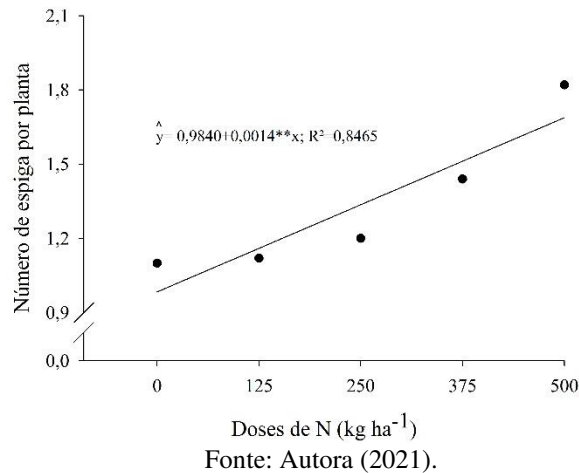
Figura 41 - Relação entre número de grãos por fileira da espiga e doses de N, híbrido FT 2015, safra 2020/2021.



Fonte: Autora (2021).

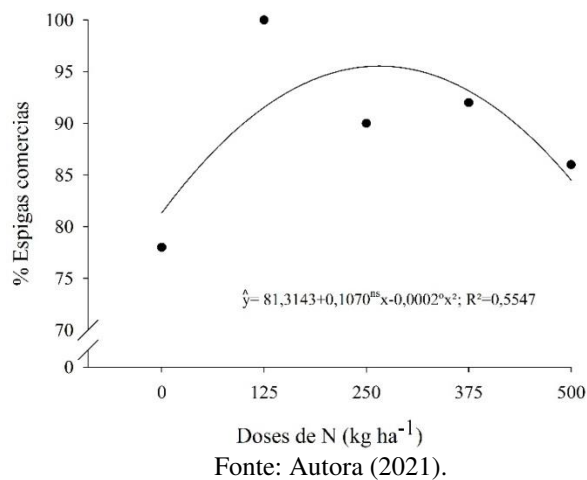
O número de grãos por fileira da espiga apresentou resposta quadrática à aplicação de doses de N (Figura 41), sendo o valor máximo de grãos por fileira (40,45) obtido com a dose de 292,5 kg ha⁻¹ de N.

Figura 42 - Relação entre número de espiga por planta e doses de N, híbrido FT 2015, safra 2020/2021.



O número de espiga por planta aumentou linearmente com a aplicação de doses de N (Figura 42), atingindo maior valor com a dose de 500 kg ha⁻¹ de N.

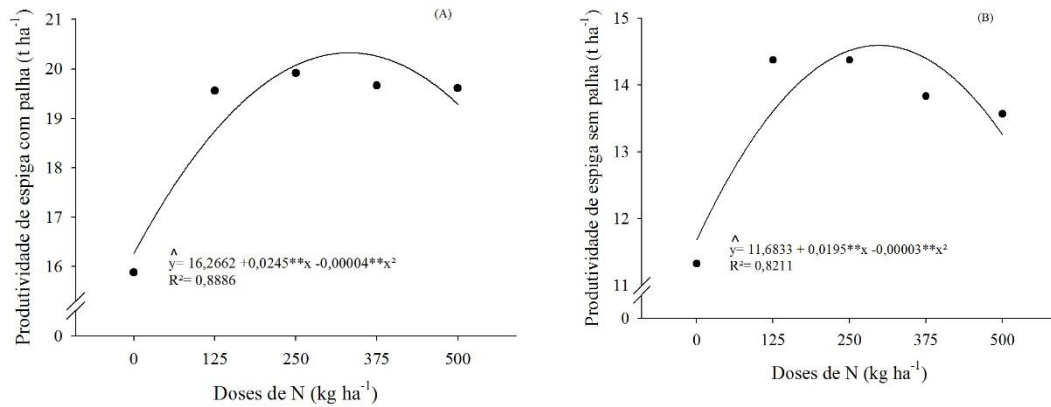
Figura 43 - Relação entre porcentagem de espigas comerciais e doses de N, híbrido FT 2015, safra 2020/2021.



Para a porcentagem de espigas comerciais, houve ajuste no modelo quadrático em resposta à adição de doses de N (Figura 43), com o aumento da porcentagem, que atingiu o

valor máximo de 95,62%, com dose ótima de 267,5 kg ha⁻¹ de N.

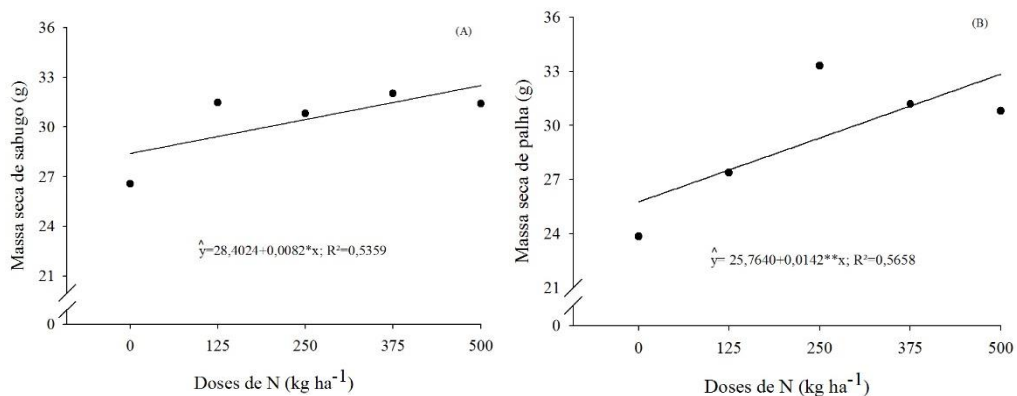
Figura 44 - Relação entre produtividade de espigas com palha (A) e sem palha (B) e doses de N, híbrido FT 2015, safra 2020/2021.



Fonte: Autora (2021).

Para as características espigas com e sem palha, houve ajuste quadrático para produtividade em resposta à adubação com N (Figura 44), com produtividade máxima 20 t ha⁻¹ para espigas com palha (dose estimada de 306,25 kg ha⁻¹ de N) (Figura 44A) e produtividade máxima de 14,85 t ha⁻¹ para espigas sem palha (dose estimada de 325 kg ha⁻¹) (Figura 44B).

Figura 45 - Relação massa seca de sabugo (A) e massa seca de palha (B) sob doses de N, híbrido FT 2015, safra 2020/2021.

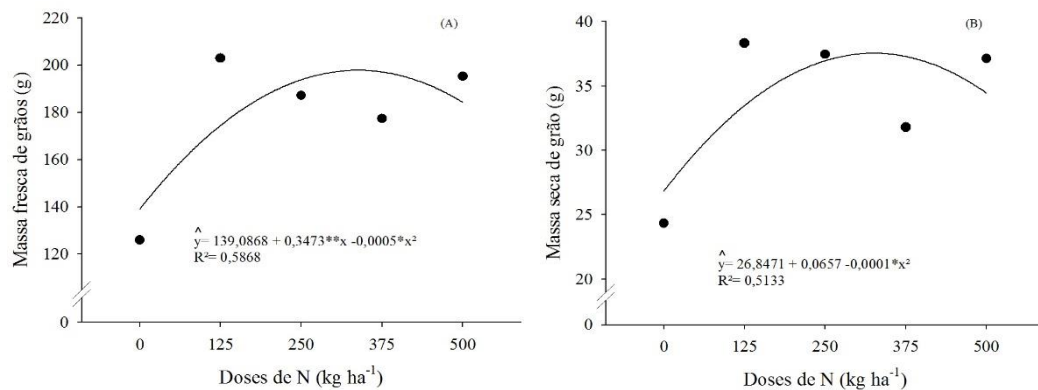


Fonte: Autora (2021).

A Massa seca de sabugo e a massa seca de palha aumentaram linearmente em resposta à adubação nitrogenada (Figura 45), com aumento de 0,0082g para massa seca de sabugo

(Figura 45A) e 0,0142 g para a massa seca de palha (Figura 45B), para cada 1 kg ha⁻¹ de N adicionado.

Figura 46 - Relação massa fresca (A) e massa seca de grão (B) sob doses de N, Híbrido FT 2015, safra 2020/2021.



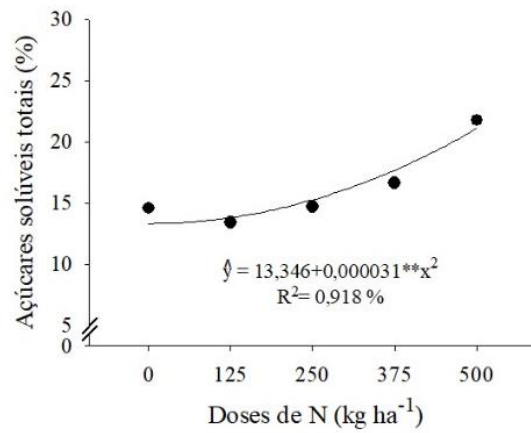
Fonte: Autora (2021).

Para grãos de milho doce produzidos, massa fresca e massa seca aumentaram, em resposta quadrática, com a adição de doses de N (Figura 46), com massa fresca atingindo o valor máximo de 199,39 g com 347,3 kg ha⁻¹ N (Figura 46A), e massa seca atingindo o máximo de 37,63g com 328,5 kg ha⁻¹ de N (Figura 46B).

5.4.5. Teor de amido e açúcar avaliados no grão

O teor de açúcares solúveis totais (AST) aumentou com a adubação nitrogenada, sendo o ajuste dos dados ao modelo de segundo grau incompleto (Figura 47).

Figura 47 - Relação entre o teor de açúcares solúveis totais e doses de N, nos grãos de milho doce híbrido FT 2015, safra 2020/2021.



Fonte: Autora (2021).

Os valores estimados de açúcares solúveis totais (AST) variaram entre 13,34%, obtido com a dose 0 (testemunha), e 21,09% com a dose 500 kg ha⁻¹ N (maior dose). Para amido e açúcares redutores (AR), não houve resposta à adubação nitrogenada.

6. DISCUSSÃO

6.1. Índice SPAD

Somente na variedade Aruba a adubação com N não interferiu nos índices SPAD (Tabela 6), possivelmente pela susceptibilidade do índice às variações inerentes a diferentes genótipos das plantas.

Os aumentos observados com a adubação nitrogenada para os índices SPAD para o Híbrido FT 2015 (experimentos I e IV) e variedade Havaí (experimento II), possivelmente se devem à maior exigência da planta por N nos estádios mais avançados da cultura (MILAGRES et al., 2021). O mesmo pode ser considerado para os maiores valores de SPAD nos estádios R3 (Figura 4), V11 (Figura 19) e R1 (Figura 31), respectivamente, nos experimentos I, II e IV. Avaliando o efeito de doses de N em milho doce, PANGARIBUAN et al. (2018) constataram que a adubação com N influenciou no aumento dos valores de índice SPAD até a dose 450 kg ha⁻¹ de N. Os mesmos autores sugerem que a aplicação de altas doses de N aumenta os valores de SPAD e de carotenoide nas folhas, sendo o suprimento de N fundamental na fase vegetativa da cultura.

Em contrapartida, WILDA (2018), avaliando o índice SPAD nos estádios vegetativos V4, V5, V7, V9, V12 e VT, em híbridos de milho comum, adubados com fontes de N verificaram que os valores de SPAD aumentaram até próximo ao estádio V9, e, após este estádio, as leituras foram reduzidas quando se atingiu estádios mais avançados da cultura. O referido autor sugere que a redução da leitura de SPAD, nos estádios mais avançados, pode ter ocorrido devido à funcionalidade das folhas como fonte de nutrientes que serão utilizados nos órgãos reprodutores das plantas.

Os valores de índice SPAD aumentam devido à adição de N na adubação. Isto ocorre porque mais de 50 % do N presente nas folhas faz parte das moléculas de clorofila (MOTA et al., 2015), e o SPAD é uma ferramenta utilizada para estimar o teor de clorofila nas folhas, uma vez que o conteúdo de clorofila se correlaciona com o status de N da cultura (MENDOZA et al., 2019).

6.2. Índices para o diagnóstico do estado de N da planta

6.2.1. N na folha

O aumento linear do teor de N na folha com a adição de N (Experimento I, Figura 5; Experimento III, Figura 26; e Experimento IV, Figura 32) confirma a exigência da cultura por N, e mostra que, nessas condições experimentais, mesmo aplicando-se doses mais elevadas de N não se atingiu o ponto de máxima resposta do milho doce a esse nutriente. No entanto, no experimento II verificou-se resposta quadrática nos dois estádios avaliados (Figuras 20), com ponto de máximo no estádio VT, a partir da qual se observa redução do teor de N na folha, e ponto de mínimo no estádio R3, com tendência à estabilização, seguida por leve aumento no teor de N foliar. Este comportamento pode ser explicado pela saturação de N havendo a tendência de estabilização ou redução do teor de N nas folhas (SILVA, 2019).

Em estudo avaliando a produtividade e rendimento industrial do milho doce irrigado, cultivado com doses e parcelamento de N, CRUZ (2014) observou resposta linear crescente para o teor de N nas folhas até a dose de 300 kg ha⁻¹ de N. RESENDE et al. (2017), estudando a distribuição de plantas e doses de N em milho comum, constataram que o maior teor de N na folha foi 35 g kg⁻¹ obtido com a adição de 267,5 kg ha⁻¹ de N. No início da fase reprodutiva, a faixa de suficiência de N na folha de milho é 28,0 a 31 g kg⁻¹ de N (dos SANTOS et al., 2020). Esses autores encontraram variação foliar de N no milho na faixa de 10,5 a 36,8 g kg⁻¹ de N.

6.2.2. N no colmo

A adição de doses de N aumentou o teor de N no colmo nos genótipos de milho doce utilizados (Figuras 6, 21 e 33), com exceção para a variedade Aruba. Isto se deve provavelmente pela diferença na necessidade de adubação nitrogenada entre os genótipos. O crescimento da fitomassa vegetal indica a importância do nitrogênio para o crescimento da cultura, exercendo importante função nos processos bioquímicos da planta (Fernandes et al., 2019).

O colmo é um órgão de reserva, plantas bem nutridas em N possuem a tendência de acumular mais sólidos solúveis neste órgão, fazendo com que as plantas possuam colmo com maior diâmetro (RESENDE et al., 2017), tornando-as mais resistentes ao quebramento. No presente estudo, a redução do teor de N no colmo na maior dose na época de colheita deve-se provavelmente a translocação deste nutriente para outros órgãos da planta, como folhas, raízes, sabugo, palha e grãos.

6.2.3. N no pendão

A adubação nitrogenada influenciou o teor de N no pendão apenas no experimento IV

(Figura 34). Foi verificado que as doses de N aumentaram de forma linear o teor de N no pendão nos estádios VT e R3.

6.2.4. N no sabugo, palha e grão

O teor de N no sabugo aumentou com a adubação com N apenas nos experimentos I e IV. No primeiro experimento, o Híbrido FT 2015 apresentou uma dose ótima a partir da qual a planta reduziu a absorção de N. Este comportamento pode ser explicado devido à saturação por N (SILVA, 2019) e conseqüentemente à tendência de estabilização ou redução do teor de N no sabugo. No experimento IV, o mesmo Híbrido obteve aumento linear no teor de N no sabugo com a adição de doses de N, sugerindo que possivelmente as condições climáticas podem ter contribuído para essa diferença na resposta deste genótipo.

Para a variável teor de N na palha foi verificado influência das doses de N apenas no experimento I (Figura 7). Foi observado que a fertilização com N aumentou o teor de N na palha no Híbrido FT 2015 no primeiro ano de avaliação e o ajuste ao modelo linear comprova a exigência da cultura por N, uma vez que mesmo aplicando-se doses mais elevadas de N, não foi atingido o ponto de máximo para esta variável.

A adubação nitrogenada influenciou no teor de N no grão apenas no experimento III (Figura 27). Foi constatado que a variedade Aruba aumentou linearmente o teor de N nos grãos com a aplicação de doses de N, sugerindo que provavelmente esta variedade possui maior exigência de nitrogênio do que a variedade Havaí e o Híbrido FT 2015. KHAN et al. (2018), avaliando o efeito de doses de N em milho doce, verificaram que maiores doses de N proporcionaram maior absorção de N na palha e no grão. Os autores sugerem que o aumento da absorção de nitrogênio em doses mais altas pode ter resultado em vigor inicial de crescimento das plantas e alta taxa fotossintética, resultando em melhor absorção do nutriente ao longo do ciclo da cultura.

6.3. Características fitotécnicas avaliadas nos estádios de pendoamento (VT) e estágio leitoso (R3)

6.3.1. Massa fresca e massa seca de folha

A adubação com N influenciou na massa fresca de folha nos experimentos com milho doce, exceto para a variedade Havaí. O Nitrogênio está diretamente ligado a composição de

aminoácidos e proteínas, constituinte de macromoléculas e enzimas, sendo o nutriente exigido em maior quantidade pelo milho, atuando diretamente nos processos de crescimento e diferenciação dos tecidos das plantas (FARGONI, 2019). De acordo com FERNANDES et al. (2017) avaliando o efeito de doses e parcelamento de N no crescimento e produtividade de milho híbrido AG 1051 não observou efeito das doses de N em relação a massa fresca de folhas.

As doses de N proporcionaram aumento da massa seca de folha apenas nos experimentos I (Figura 9) e IV (Figura 37). Estes achados se assemelham aos encontrados por FERNANDES et al. (2019), que avaliaram o crescimento e produtividade de milho verde submetido a doses de N, também observaram resposta linear crescente para massa seca foliar, evidenciando a exigência do milho pelo N que participa dos processos bioquímicos das plantas. Avaliando doses de N em cobertura na cultura do milho comum SANTOS et al. (2013) e RESENDE et al. (2017) observaram acréscimo na massa seca de folha com a adubação com N. No entanto, NEUMANN et al. (2010) estudando doses de N (NPK) em cobertura no milho para silagem, não encontraram diferença significativa entre as doses de N para massa seca de folhas. RUPESH et al. (2020) também relatou aumento no acúmulo de matéria seca com o aumento das doses de nitrogênio. A adubação com N contribui para o aumento da capacidade de assimilação de CO₂ pelas folhas e na síntese de carboidratos nos processos fotossintéticos (NEUMANN et al., 2010).

6.3.2. Massa fresca e massa seca de colmo

A adubação com N influenciou no aumento da massa fresca de colmo nos experimentos com milho doce, exceto para a variedade Aruba. Os genótipos avaliados obtiveram diferentes respostas a adubação com N (Figuras 10, 22 e 38). Em similaridade com os resultados obtidos por este trabalho, FERNANDES et al. (2017) avaliando o efeito de doses e parcelamento de N no crescimento e produtividade de milho comum, constataram que a dose estimada de 239,1 kg ha⁻¹ de N promoveu maior massa fresca de colmo. Este órgão representa uma das principais características morfológicas de sustentação da planta de milho, e a aplicação de adubação com N favorece o aumento do diâmetro do colmo, reduzindo o quebramento e acamamento das plantas, favorecendo assim a produtividade do milho (PEREIRA et al., 2019).

A fertilização com N aumentou a massa seca de colmo somente no Híbrido FT 2015 nos experimentos I (Figura 11) e IV (Figura 38). Este mesmo genótipo apresentou diferentes respostas nos dois anos de avaliação, provavelmente no experimento I, nas maiores dose de N pode ter ocorrido uma maior demanda de N no estágio VT para o crescimento das espigas e

desenvolvimento dos grãos. Na época de colheita do experimento IV, possivelmente ocorreu acúmulo de biomassa no colmo em decorrência da absorção de N no solo. Estes achados se assemelham aos obtidos por FERNANDES et al. (2019), avaliando os efeitos de doses de N na cultura do milho verde, verificaram que a adubação com N obteve efeito linear crescente na massa seca do colmo até a dose de 340 kg ha⁻¹ de N. Em contrapartida, NEUMANN et al. (2019), avaliando doses de N (NPK) em cobertura no milho para silagem, observaram que a massa seca de colmo não foi afetada pela adubação com N.

6.3.3. Massa fresca e massa seca de pendão

As doses de N influenciaram na massa fresca do pendão nos experimentos II (Figura 23) e IV (Figura 39) e na massa seca do pendão somente nos dois experimentos com Híbrido de milho doce FT 2015 (Figura 12). Avaliando os efeitos do manejo da irrigação em diferentes tensões de água no solo e doses de N (0, 50, 100, 150 e 200 mg dm⁻³) na cultura do milho, SCHLICHTING (2012) verificou aumento de 17,90% na massa seca do pendão na maior dose de N avaliada comparado ao tratamento sem adição de N. O mesmo afirma que o pendão pode reduzir o desenvolvimento das espigas pelo sombreamento de folhas superiores das plantas, competição por fotoassimilados, produção e exportação de reguladores de crescimento em quantidades além das necessárias para o desenvolvimento das espigas.

6.4. Componentes de produtividade das espigas

6.4.1. Diâmetro da espiga

A adubação com N influenciou no diâmetro da espiga apenas para o Híbrido FT 2015 (experimento IV) (Figura 40). Foi constatado aumento do diâmetro da espiga com a adição de doses de N, sendo encontrada uma dose ótima, a partir da qual a planta reduziu o diâmetro da espiga nas maiores doses de N. O diâmetro da espiga relaciona-se com o número de fileira de grãos, característica influenciada pelo genótipo (OHLAND et al., 2005). PAUDEL et al. (2021), estudando o efeito de doses de nitrogênio em genótipos de milho comum, observaram que a dose de 180 kg N ha⁻¹ produziu espiga com maior diâmetro. No entanto, De ASSIS et al. (2010), avaliando o rendimento de espigas de milho comum submetido a fertilização com N, constataram que a adubação com N influenciou positivamente no comprimento e massa de espigas, mas não observaram influência da adubação com N no diâmetro de espigas de milho.

6.4.2. Número de espiga por planta

A adubação nitrogenada aumentou o número de espiga por planta nos experimentos I (Figura 13) e IV (Figura 42). O Híbrido FT 2015 obteve uma dose ótima no experimento I, a partir da qual foi observada uma estabilização em seguida redução do número de espigas nas maiores doses de N testadas. Como discutido anteriormente, possivelmente, nas maiores doses de N aplicadas houve maior investimento nos órgãos vegetativos das plantas em comparação com os órgãos reprodutivos. De acordo com KHAN et al. (2018), a adição de maiores doses de N contribui para o aumento do número de espigas por planta. O mesmo atribui este resultado a maior disponibilidade de fotossintetizantes, proporcionando aumento no número de flores e maior fertilização, resultando em aumento no número de espigas por planta. Avaliando a influência da densidade de plantas e doses (0, 300, 400 e 500 kg ha⁻¹) de N em duas cultivares de milho comum, FATEH et al. (2021) não observaram efeito da adubação com N no número de espigas.

6.4.3. Porcentagem de espiga comercial

Para a variável porcentagem de espiga comercial, foi verificado que somente o experimento IV apresentou diferença significativa com a adição de doses de N (Figura 43). Houve ajuste quadrático para esta variável com a adição de doses de N, obtendo dose ótima para porcentagem de espiga comercial, e após esta dose, houve redução de porcentagem de espigas nas maiores doses de N. De acordo com CRUZ et al. (2015), as doses 300 kg ha⁻¹ e 240 kg ha⁻¹ de N promovem maior produtividade de espigas comerciais de milho doce. Avaliando doses de N e micronutrientes em milho verde, De SOUSA et al. (2017) observaram que as doses de N 160 e 200 kg ha⁻¹ proporcionaram maiores porcentagens de espigas comerciais de milho verde.

6.4.4. Produtividade de espiga

Foi constatado que a adubação com N favoreceu as produtividades de espigas com palha e sem palha nos experimentos I (Figura 14) e IV (Figura 44), obtendo doses ótimas a partir destes pontos constatou-se redução da produtividade de espigas com as duas maiores doses de N avaliadas.

Na literatura há estudos que mostram efeitos positivos da fertilização com N na produtividade do milho doce. OKUMURA et al. (2014) verificaram que a cultura do milho doce responde positivamente a adição de doses crescentes de N, proporcionando maior produtividade de espigas sem palha na dose 115,79 kg ha⁻¹ de N. Para ABHISHEK e BASAVANNEPPA, (2020), a maior produtividade foi obtida pela dose 262,5 kg ha⁻¹ de N. No entanto, OKTEM et al. (2010) obtiveram maior produtividade de espigas de milho doce pela dose 320 kg ha⁻¹ de N, sendo reduzida com a dose de 360 kg ha⁻¹ de N. Os autores sugerem que a redução de produtividade na maior dose é devido a mesma ter apresentado maior altura de plantas, influenciando negativamente no rendimento das espigas. ABE et al. (2019) obtiveram a produção de espigas comercializáveis variando de 5,80 a 7,63 t ha⁻¹ (média de 6,84 t ha⁻¹) sendo 83,1% o número de espigas consideradas comercializáveis. Em milho doce, o maior retorno líquido e a maior relação custo-benefício foram observados no tratamento com 225 kg ha⁻¹ de N (UMBARKAR et al., 2020).

O N participa de vários processos importantes para o desenvolvimento das plantas, tais como: fotossíntese, respiração, síntese proteica e absorção iônica, assim sendo, a aplicação de N nos cultivos contribui para maior produtividade e qualidade de produção do milho colhido no estágio leitoso (OKUMURA et al., 2011). Além da fertilização com N, fatores ambientais como radiação solar e altas temperaturas podem reduzir o acúmulo de N e consequentemente a produtividade de espigas verdes de milho (SOUZA et al., 2019).

6.4.5. Número de fileira e número de grãos por fileira da espiga

A adubação nitrogenada influenciou no número de fileira e no número de grão por fileira somente no experimento I (Figura 15) e no número de grãos por fileira no experimento IV (Figura 41). O número de fileiras e o número de grãos por fileira da espiga apresentaram resposta quadrática às doses de N testadas no experimento I e no número de grãos por fileira no experimento IV, atingindo doses ótimas a partir das quais ocorreu estabilização e redução dessas variáveis nas maiores doses de N.

Estes resultados estão de acordo com os achados por CARMO et al. (2012), avaliando o efeito de fontes e doses de N aplicadas na cultura do milho doce, verificaram efeito linear crescente no número de grãos por fileira da espiga até a maior dose aplicada de 150 kg ha⁻¹ de N. Em contrapartida, SOUZA et al. (2016) estudando os efeitos de lâminas de irrigação e doses de N (0, 100, 200 e 300 kg ha⁻¹) nos componentes da espiga de milho doce, não observaram influência das doses de N no número de fileira da espiga. No entanto, SANDYA et al. (2016),

avaliando a influência da densidade de plantas e doses de N na cultura do milho doce, detectaram maior número de grãos por fileira na dose de 270 kg ha⁻¹ de N, sugerindo que esta dose proporcionou condições nutricionais adequadas para o aumento no tamanho de folhas e maior atividade fotossintética das plantas.

6.4.6. Massa de sabugo e massa de palha

A massa fresca de sabugo foi influenciada pelas doses de N apenas nos experimentos I (Figura 16) e II (Figura 24) e a adubação nitrogenada também contribuiu para o aumento na massa seca de sabugo somente no experimento IV (Figura 45). Foi observada respostas quadrática e linear com a aplicação de doses de N nos experimentos I e II, respectivamente, com dose ótima obtida e após este ponto houve redução da massa fresca de sabugo nas maiores doses de N no experimento I, e ajuste do modelo linear no experimento II. Para as variáveis massa seca de sabugo e massa seca de palha, no experimento IV (Figura 45), foi constatado ajuste linear para com a aplicação de doses de N, comprovando maior exigência por N das variedades Aruba e Havaí, mesmo aplicando-se doses mais elevadas de N, não foi constatado o ponto de máxima resposta para as variáveis estudadas.

6.4.7. Massa fresca e massa seca de grão

A adubação com N influenciou no aumento nas massas fresca e seca de grãos somente no experimento IV (Figura 46), atingindo doses ótimas e após estes pontos, foi verificado que a massa fresca e massa seca de grão foram reduzidas nas maiores doses de N. A característica massa de grãos, pode ser determinada pelo genótipo, disponibilidade de nutrientes e condições climáticas no período de enchimento dos grãos (KAPPES et al. 2014).

Estudo avaliando doses de N em milho verde, IMRAN et al. (2015) encontraram maior massa de grãos por espiga na dose 210 kg ha⁻¹ N. Segundo a pesquisa de BHATT, (2012) avaliando a influência da densidade de plantio de milho doce e doses de N tendo como fonte o NPK, encontrou maior peso de grãos de milho doce com 240 kg ha⁻¹ de N. O mesmo sugeriu que a aplicação de níveis mais elevados de N contribui para o aumento de N disponível para planta, aumentando a produção de fotossintatos que foi translocado para partes reprodutivas refletindo no desenvolvimento e aumento do tamanho e peso dos grãos. Enquanto WANG et al. (2020), avaliando densidade de plantio e doses de N em milho comum, constataram que a adubação com N aumentou o rendimento de grãos, no entanto, não observaram efeitos com a

aplicação de doses de N superiores a 240 kg ha⁻¹.

6.5. Teores de amido, AR E AST no grão

6.5.1. Teor de Amido

O teor de amido no grão foi influenciado pela adubação com N somente nos experimentos I (Figura 17) e III (Figura 29). No experimento I, foi verificada uma estabilização do teor de amido, apresentando entre a testemunha e a maior dose de N. No experimento III, foi constatado que a adubação com N manteve uma estabilização desta variável no grão. Uma vez que o metabolismo de N e C é fortemente coordenado nas vias metabólicas, os níveis de metabólitos pertencentes à via metabólica devem ser afetados pelo status de N e C. No entanto, como existem muitas reações reversíveis e complexas, particularmente no metabolismo central, muitas vezes é difícil observar grandes mudanças nos níveis de metabólitos, como observado no atual estudo, onde o teor de amido sofreu baixa variação em função das doses estudadas (KUSANO et al., 2011). A fertilização com até 258 kg ha⁻¹ de N aumentou os teores de óleo, açúcares totais e amido dos grãos de milho (ZACHARIA et al., 2020).

Avaliando os sistemas de preparo do solo e doses de N no milho comum, SIMIĆ et al. (2020) constataram que a adubação com N reduziu em 72,64% o teor de amido nos grãos. Pesquisa avaliando as propriedades físicas do solo, doses de N (100, 150 e 200 kg ha⁻¹) e qualidade do grão de milho comum, WASAYA et al. (2018) constataram que o teor de amido foi reduzido (71,7%) com o aumento das doses de N. No entanto, SHRANABASAPPA e BASAVANNEPPA, (2019) estudando a influência de densidade de plantas e doses de N na cultura do milho comum, constataram que a aplicação de 225 kg ha⁻¹ de N apresentou maior conteúdo de amido (69,13%), supondo que a maior disponibilidade de N pode favorecer a qualidade proteica do grão.

6.5.2. Teores de AR e AST

Os teores de AR e AST apresentaram melhor ajuste com o modelo quadrático, atingindo doses mínimas, a partir deste ponto o AR obteve uma estabilização e aumento nas maiores doses de N no experimento I (Figura 18). No entanto, o AST apresentou maior teor nos grãos nas plantas não adubadas com N.

No experimento II, a adubação com N influenciou apenas no teor de AST (Figura 25).

Foi verificada uma tendência de aumento no teor desta variável com a adição de doses de N, mas apresentando pouca diferença em relação às plantas não adubadas com o fertilizante nitrogenado. Provavelmente, isto pode ter ocorrido devido as maiores doses de N podem estar associadas a menor conversão desse açúcar em amido nessas doses, visto que nesse tipo de milho o gene mutante recessivo Shrunken-2 (Sh 2) impede a conversão do açúcar em amido.

Houve resposta quadrática para AR e AST com as doses de N testadas no experimento III (Figura 30). Foi verificado que à medida que se aumenta as doses de N diminuem os teores de AR e AST, no entanto, o AST apresenta um pequeno acréscimo na maior dose de N, mas com pouca diferença em relação as plantas não adubadas.

No experimento IV, apenas a característica AST apresentou diferença significativa com a aplicação de doses de N (Figura 47). Foi verificado uma tendência de aumento do teor de AST com a adição de doses de N.

A tendência da redução do AST no endosperma com o incremento da dose de N pode estar relacionada ao aumento do teor de amido nas maiores doses estudadas. Isso acontece porque o acúmulo expressivo de açúcar nos grãos é bloqueado pela conversão de açúcar em amido no endosperma (TRACY, 2010). Esses resultados não estão de acordo com os encontrados por KHAN et al. (2018), onde estes autores observaram que a adição de fertilização com N aumentou o conteúdo de AST em grãos de milho doce. Nas plantas, o aumento na concentração de N resulta em diminuições de carboidratos no sistema porque muito do nutriente é usado para sintetizar aminoácidos, proteínas e outros metabólitos de N (KUSANO et al. 2011).

O acúmulo expressivo de açúcar nos grãos é bloqueado pela conversão de açúcar em amido no endosperma, especificamente no grupo de genótipo superdoce (sh2) (TRACY 2010). A pequena presença da enzima ADP-glicose pirofosforilase no endosperma catalisa a reação entre glicose-1-fosfato e trifosfato de adenosina e reduz drasticamente a síntese de amido (TRACY 2001; De SOUZA et al. 2013). ABHISHEK e BASAVANNEPPA, (2020), avaliando o efeito de densidades de plantas e doses de N nos atributos de qualidade de milho doce, constataram que a dose 262,5 kg ha⁻¹ de N obteve maior concentração de AR (3,48%) em grãos de milho doce. Segundo BHATT, (2012), o maior teor de sacarose (15,4%) foi obtido com a aplicação de 240 Kg ha⁻¹ de N, sugerindo que a referida dose de N aumentou a qualidade dos grãos.

Efeito de doses de N na qualidade de grãos de milho doce é relatado por MOHAMMED et al. (2017), que constataram aumento na concentração de AST com a aplicação de doses de N, obtendo maior média de AST nos grãos (17,6%) com a dose de 120

Kg ha⁻¹ e a menor média de desta variável (14,15%) encontrada na dose 230 kg ha⁻¹ de N. Os mesmos autores sugerem que a doçura está relacionada com o teor de umidade nos grãos. Enquanto SZYMANEK e PIASECKI, (2013), avaliando doses de N em milho doce, constataram que a fertilização com N reduziu o teor de açúcar na cultura.

ABHISHEK e BASAVANNEPPA, (2020), avaliando o efeito de densidades de plantas e doses de N nos atributos de qualidade de milho doce, constataram que a dose 262,5 kg ha⁻¹ de N obteve maior concentração de AR (3,48%) em grãos de milho doce. Segundo BHATT, (2012), o maior teor de sacarose (15,4%) foi obtido com a aplicação de 240 kg ha⁻¹ de N, sugerindo que a referida dose de N aumentou a qualidade dos grãos. KHAN et al. (2018), observaram que a adição de fertilização com N aumentou o conteúdo de AST em grãos de milho doce.

Os maiores teores de açúcares solúveis totais foram encontrados no experimento IV. Este resultado pode ser explicado pela menor temperatura durante a condução do último experimento, se comparado ao primeiro ensaio, já que ambos são conduzidos com o mesmo genótipo e mesmos tratamentos, diferenciando-se apenas a época de semeadura. Provavelmente a menor temperatura contribui para o desenvolvimento de açúcares (KHAN et al., 2018). Apesar dos experimentos com as variedades Aruba e Havaí apresentarem menor temperatura, ambos obtiveram menor teor de açúcares se comparado aos ensaios com Híbrido FT 2015, isto pode ter ocorrido possivelmente devido a ser tratar de variedades, sendo que o Híbrido possui maior potencial produtivo.

7. CONCLUSÕES

A adubação nitrogenada proporcionou as maiores produtividade de espiga sem palha no Híbrido FT 2015, cujo valor ótimo na folha foi obtido nas doses de 298 e 323 kg ha⁻¹ de N nos dois anos de avaliação.

Os valores do índice SPAD variaram no Híbrido FT 2015 e na variedade Havaí, dependendo da dose de N e do estágio fenológico da planta.

O teor de N na folha variou com as doses de N em todos os ensaios conduzidos com o milho doce, mas o teor de N no grão não foi influenciado pela adubação nitrogenada em nenhum dos genótipos avaliados.

Os teores de amido, açúcares redutores e açúcares solúveis totais nos grãos foram diferentemente influenciados por doses de N, cultivares e anos de execução do experimento.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABE, A.; LASISI, O.A.; AKINRINBOLA, O.J. Field performance of shrunken-2 super-sweet corn populations derived from tropical field maize × shrunken-2 super-sweet corn crosses in Ibadan, **Nigeria**. **Journal of Plant Breeding and Crop Science**, v.11, n.5, p. 158-163, 2019.
- ABHISHEK, N.; BASAVANNEPPA, M. A. Effect of plant densities and nitrogen levels on cob yield and quality parameters of sweet corn (*Zea mays* L. *Saccharata*) in irrigated ecosystem. **IJCS**, v. 8, n. 2, p. 2918-2921, 2020.
- AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J. Estimativa da adubação nitrogenada para o milho em sistemas de manejo e culturas de cobertura do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, p.53-560, 2000.
- ARAÚJO, E. F.; GALVÃO, J. C. C.; MIRANDA, G. V.; ARAÚJO, R. F. Qualidade fisiológica de sementes de milho-doce submetidas à debulha, com diferentes graus de umidade. **Brazilian Journal of Maize and Sorghum**, v.1, n.2, 2002.
- ARGENTA, G.; SILVA, P. D.; FOSTHOFER, E. L.; STRIEDER, M. L.; SUHRE, E.; TEICHMANN, L. L. Adubação nitrogenada em milho pelo monitoramento do nível de nitrogênio na planta por meio do clorofilômetro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, 109-119, 2003.
- ARGENTA, G. **Monitoramento do nível de nitrogênio na planta como indicador da adubação nitrogenada em milho**. (Tese de doutorado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 112p. 2001.
- BARROS, D, T, S. **Produção de milho doce sob fontes e doses de nitrogênio em associação à *Azospirillum brasiliense***. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, 72p. 2019.
- BHATT, P, S.; YAKADRI, M.; SIVALAKSHMI, Y. Influence of varying plant densities and nitrogen levels on yield attributes and yield of sweet corn. **International Journal of Bio-Resource e Stress Management**, v. 3, p.169-172, 2012.
- BREMNER, J. M. **Total nitrogen**. In: Black, C. A. (Ed.) *Methods of soil analysis*. Madison, American Society of Agronomy. p.1149-1178, 1965.
- BULLOCK, D.G.; ANDERSON, D.S. Evaluation of the Minolta SPAD - 502 chlorophyll meter for nitrogen management in corn. **J. Plant Nutr.**, v. 21, p.741-755, 1998.
- CAMILO, J. D. S.; BARBIERI, V. H. B.; RANGEL, R. M.; BONNAS, D. S.; LUZ, J. M. Q.; OLIVEIRA, R. C. D. Aceitação sensorial de híbridos de milho doce e híbridos de milho verde em intervalos de colheita1. **Revista Ceres**, v.62, p. 01-08, 2015.
- CANTARELLA, H. **Calagem e adubação do milho**. In: BÜL, L.T.; CANTARELLA, H. (Eds). *Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade*. Piracicaba: POTAFOS, p.147-198. 1993.

CARMO, M. S. do; CRUZ, S. C. S.; SOUZA, E. J. de; CAMPOS, L. F. C.; MACHADO, C. G. Doses e fontes de nitrogênio no desenvolvimento e produtividade da cultura de milho doce (*Zea mays* convar. *Saccharata* var. *rugosa*). **Biosci. J.**, v. 28, Supplement 1, p. 223-231, 2012.

CARVALHO, S. L. de. **Levantamento e Controle Biológico de *Pratylenchus brachyurus* na Cultura do Milho Doce**. Dissertação (Mestrado em Olericultura), Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Campus Morrinhos, 80f. 2018.

CASTRO, L. R.; REIS, T. C.; JÚNIOR, O. F.; DE ALMEIDA, R. B. S.; ALVES, D. S. Diferentes doses de fósforo e formas de aplicação na cultura do milho, em barreiras, Bahia. **Agrarian**, 9(31), 47-54, 2016.

CERETTA, C.A. **Adubação nitrogenada no sistema plantio direto**. In: NUREMBERG, N.J.(Ed). Conceito e fundamentos do sistema plantio direto. Lages: Sociedade de Ciência do Solo-Núcleo Regional Sul, p.111-120, 1998.

CERETTA, C. A.; AITA, C.; BRAIDA, J. A.; PAVINATO, A.; SALET, R. L. Fornecimento de nitrogênio por leguminosas na primavera para o milho em sucessão nos sistemas de cultivo mínimo e convencional. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v.18, p.215-220, 1994.

CHAPMAN, S.C.; BARRETO, H.J. Using a chlorophyll meter to estimate specific leaf nitrogen of tropical maize during vegetative growth. **Agron. J.**, v.89, p.557- 62. 1997.

CHAVES NETO, J. R. e BOSCAINI, R. GRÃOS ARDIDOS EM MILHO: UMA REVISÃO. **Revista Científica Rural**, v.21, n.2, p.105-125, 2019.

COELHO, A. M.; FRANÇA, G. E. Nutrição e adubação: seja doutor do seu milho. **Arquivo do Agrônomo Potafos**, n. 2, set. 1995.

CRUZ, C. A. **Produtividade e rendimento industrial do milho doce irrigado em função de dose e parcelamento de nitrogênio**. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 25p. 2014.

CRUZ, C. A.; MENESES, N. B.; DA CUNHA, T. P. L.; NOWAKI, R. H. D.; BARBOSA, J. C. Influence of amount and parceling of nitrogen fertilizer on productivity and industrial revenue of sweet corn (*Zea mays* L.). **Australian Journal of Crop Science**, v.9, n.10, p. 895, 2015.

CRUZ, J. L. **Efeitos de níveis do nitrato sobre o metabolismo do nitrogênio, assimilação do CO₂ e fluorescência da clorofila a em mandioca**. Tese (Doutorado em Fisiologia Vegetal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 104p. 2001.

De ASSIS, F. H.; dos SANTOS SOUZA, A.; de SOUSA, D. A.; DOS SANTOS SOUZA, A.; MARACAJÁ, P. B. Componentes de produção e produtividade do milho submetido a doses de nitrogênio no semiárido paraibano. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 5, n.4, 2010.

De SOUSA, Í. M.; da ROCHA, D. R.; CUNHA, C. S. M.; GONÇALVES, I. C. R.; CASTRO, J. I. A. Adubação nitrogenada e modos de disponibilização de micronutrientes na produção de milho verde. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v.13, n.1, p, 15-21, 2017.

De SOUZA, R. S.; VIDIGAL FILHO, P. S.; SCAPIM, C. A.; MARQUES, O. J.; QUEIROZ, D. C.; OKUMURA, R. S.; TAVORE, R. V. Elementos de produção de milho doce em diferentes densidades populacionais. **Comunicata Scientiae**, v.4, n.3, p.285-292, 2013.

DIÓGENES, H. C. **Fontes e doses de fósforo no cultivo de milho em condições de terra firme em Manaus-AM**. (Doutorado em Agronomia Tropical), Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 120p. 2015.

DIOGENES, H. C. **Comportamento de cultivares de milho verde em ecossistema de várzea e terra firme no estado do Amazonas**. (Mestrado em Agronomia Tropical), Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 109p. 2011.

dos SANTOS, C. L.; ROBERTS, T. L.; PURCELL, L. C. Leaf nitrogen sufficiency level guidelines for midseason fertilization in corn. **Agronomy Journal**. 2020.

DUBOIS, M.; GILLES, K.A.; HAMILTON, J.K.; REBERS, P.A.; SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical Biochemistry**, v.28, n.3, p.350-356, 1956.

EVENSEN, K. B.; BOYER, C. D. Carbohydrate composition and sensory quality of fresh and stored sweet corn. *Journal American Society for 44 Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.3, n.1, p.38-44, 2004 Caniato et al. *Horticultural Science, Mount Vernon*, v. 111, n. 5, p. 734-738, 1986.

FAGHERAZZI, M. M. **Respostas morfo-agronômicas do milho à aplicação de trinexapac-ethyl em diferentes estádios fenológicos e doses de nitrogênio**. Dissertação de mestrado, Universidade do Estado de Santa Catarina, Santa Catarina, 93p. 2015.

FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. 2. ed. Piracicaba: Livrocere, 2004.

FARGONI, G. P. **Azospirillum brasiliense: interferências na qualidade das sementes e no desenvolvimento das plantas de milho doce**. (Mestrado em Fitotecnia), Universidade de São Paulo, Piracicaba, 73p. 2019.

FARSIANI, A.; GHOBADI, M. E.; JALALI-HONARM, S. The effect of water deficit and sowing date on yield components and seed sugar contents of sweet corn (*Zea mays* L.). **African Journal of Agricultural Research**, v.6, n.26, 5769-5774, 2011.

FATEH, M.; ARBAT, H. K.; MOHAMMADI, S.; FARAHVASH, F.; ZAND, E. Efeito da densidade de plantas e fertilizantes de nitrogênio na área foliar, clorofila e proteína de grão de *Zea mays* em competição com *Amaranthus retroflexus*. **Iranian Journal of Plant Physiology**, v.11, n.3, 2021.

FELSEMBURGH, C. A.; TRIBUZY, E. S. Medidor portátil de clorofila: Determinação dos teores de clorofila e nitrogênio em andiroba e cumarú. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, 7(2), 22, 2012.

FERGUSON, R. B.; PENAS, E. J.; SHAPIRO, C. A.; HERGERT, G. W. Fertilizer nitrogen best management practices. Nebraska Guide G94-1178-A. Cooperative Extension, Institute of **Agriculture and Natural Resources**, Univ. of Nebraska- Lincoln. USA. 1994.

FERNANDES, C. N. D.; FERNANDES, C. N. V.; DE ARAÚJO, T. V. Fertirrigação nitrogenada e potássica na cultura do milho verde. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.13, n.6, 2019.

FERNANDES, J. D.; CHAVES, L. H. G.; MONTEIRO FILHO, A. F.; VASCONCELLOS, A.; SILVA, J. D. Crescimento e produtividade de milho sob influência de parcelamento e doses de nitrogênio. **Revista Espacios**, v.38, n.8, p.27, 2017.

FOLINA, A.; TATARIDAS, A.; MAVROEIDIS, A.; KOUSTA, A.; KATSENIOS, N.; EFTHIMIADOU, A.; TRAVLOS, I. S.; ROUSSIS, I.; DARAWSHEH, M. K.; PAPASTYLIANOU, P.; KAKABOUKI, I. Evaluation of various nitrogen indices in N-fertilizers with inhibitors in field crops: A review. **Agronomy**, v.11, n.3, 418, 2021.

FONTES, P. C. R. **Nutrição mineral de plantas: anamnese e diagnóstico**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2016.

FRANÇA, S.; MIELNICZUK, J.; ROSA, L. M. G.; BERGAMASCHI, H.; BERGONCI, J. I. Nitrogênio disponível ao milho: Crescimento, absorção e rendimento de grãos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, p.1143–1151, 2011.

GAO, L.; LI, W.; ASHRAF, U.; LU, W.; LI, Y.; LI, C.; LI, G.; LI, G.; HU, J. Nitrogen fertilizer management and maize straw return modulate yield and nitrogen balance in sweet corn. **Agronomy**, v.10, n.3, p.362, 2020.

GONÇALVES, C.; RODRIGUES-JASSO, M.R.; GOMES, N.; TEIXEIRA, J.A.; BELO, I. Adaptation of dinitrosalicylic acid method to microtiter plates. **Analytical Methods**, v.2, n.12, p.2046-2048, 2010.

GUIDI, L.; LOREFICE, G.; PARDOSSI, A.; MALORGIO, F.; TOGNONI, F. & SOLDATINI, G. F Growth and photosynthesis of *Lycopersicon esculentum* (L.) plants as affected by nitrogen deficiency. **Biologia Plantarum**, v.40, p.235- 244, 1998.

HARPER, J.E. **Nitrogen metabolism**. In: BOOTE, K.J.; BENNETT, J.M.; SINCLAIR, T.R., Physiology and determination of crop yield. Madison: ASA/CSSA/SSSA. Chapt.11A. p.285-302.1994.

HOSS, D. F.; LUZ, G. L. D.; LAJÚS, C. R.; MORETTO, M. A.; TREMEA, G. A. Multispectral aerial images for the evaluation of maize crops. **Ciência e Agrotecnologia**, n.44, 2020.

IMRAN, S.; ARIF, M.; KHAN, A.; KHAN, M. A.; SHAH, W.; LATIF, A. Effect of nitrogen levels and plant population on yield and yield components of maize. **Advances in Crop Science and Technology**, p.1-7, 2015.

ISLA, R.; VALENTÍN-MADRONA, F.; MATURANO, M.; AIBAR, J.; GUILLÉN, M.; QUÍLEZ, D. Comparison of different approaches for optimizing nitrogen management in sprinkler-irrigated maize. **European Journal of Agronomy**, v.116, p. 1-47, 2020.

JAURON, R. **Varieties of Sweet Corn**. Department of Horticulture. <https://hortnews.extension.iastate.edu/2020/05/varieties-sweet-corn>. 2020.

- JHA, S. K.; SINGH, N. K.; AGRAWAL, P. K. Complementation of sweet corn mutants: a method for grouping sweet corn genotypes. **Journal of genetics**, v.95, n.1, p.183-187. 2016.
- KAPPES, C.; ARF, O.; DAL BEM, E. A.; PORTUGAL, J. R.; GONZAGA, A. R. Manejo do nitrogênio em cobertura na cultura do milho em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, n.13, v.2, p.201-217, 2014.
- KARA, B.; ATAR, B.; GÜL, H. Effects of different sowing dates on protein, sugar and dry matter of sweet corn. **Research on Crops**, v. 13, n.2, p. 493-497, 2012.
- KHAN, A. A.; HUSSAIN, A.; GANAI, M. A.; SOFI, N. R.; HUSSAIN, S. T. Yield, nutrient uptake and quality of sweet corn as influenced by transplanting dates and nitrogen levels. **J. Pharmacog Phytochem**, v.7, p. 3567-3571, 2018.
- KUSANO, M.; FUKUSHIMA, A.; REDESTIG, H.; SAITO, K. Metabolomic approaches toward understanding nitrogen metabolism in plants, **Journal of Experimental Botany**, v. 62, n.4, p. 1439-1453, 2011.
- KWIATKOWSKI, A.; CLEMENTE, E. Características do milho doce (*Zea mays* L.) para industrialização. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v.1, n.2, 93-103, 2007.
- LI, X.; LV, G.; CHEN, J.; WU, Z.; GUO, G. Identification and cluster analysis of sweet corn based on grain textural properties. **Journal of Plant Sciences**, v.8, v.5, p.177-184. 2020.
- LOUARN, G.; BEDOUSSAC, L.; GAUDIO, N.; JOURNET, E. P.; MOREAU, D.; JENSEN, E. S.; JUSTES, E. Plant nitrogen nutrition status in intercrops—a review of concepts and methods. **European Journal of Agronomy**, n.124, p.126-229,2021.
- LUZ, J. M.; CAMILO, J. S.; BARBIERI, V. H.; RANGEL, R. M.; OLIVEIRA, R. C. Produtividade de genótipos de milho doce e milho verde em função de intervalos de colheita. **Horticultura Brasileira**, v. 32, 163-167, 2014.
- MAGGIO, MA. **Acúmulo de massa seca e extração de nutrientes por planta de milho-doce híbrido “Tropical”**. (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical), Instituto Agronômico de Campinas, Campinas, São Paulo, 55p. 2006.
- MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ceres, 638p. 2006.
- MAR, G. D. D.; MARCHETTI, M. E.; SOUZA, L. C. F. D.; GONÇALVES, M. C.; NOVELINO, J. O. Produção do milho safrinha em função de doses e épocas de aplicação de nitrogênio. **Bragantia**, 62, 267-274, 2003.
- McCREADY, R. M.; GUGGOLZ, J.; SILVEIRA, V.; OWENS, H.S. Determination of starch and amylase in vegetables. **Analytic Chemistry**, v.22, n.9, p.1156-1158, 1950.
- MENDOZA-TAFOLLA, R. O.; JUAREZ-LOPEZ, P.; ONTIVEROS-CAPURATA, R. E.; SANDOVAL-VILLA, M.; IRAN, A. T.; ALEJO-SANTIAGO, G. Estimating nitrogen and chlorophyll status of romaine lettuce using SPAD and at LEAF readings. **Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca**, v.47, n.3, 751-756, 2019.
- MILAGRES, C. D. C.; FONTES, P. C. R.; ABREU, J. A. A. de.; SILVA, J. M. D.; FIGUEIREDO, M. N. D. Plant growth stage and leaf part to diagnose sweet corn nitrogen status

using chlorophyll sensor and scanner image analysis. **Journal of Plant Nutrition**, v.45, n.3, 2021.

MINOLTA CAMERA Co. Ltd. **Manual for chlorophyll meter SPAD-502**. Osaka: Minolta Radiometric Instruments Div., 1989.

MOHAMMED, A. A.; MAJID, Z. M.; KASNAZANY, S. A. S.; SALIH, S. J.; MUSTAFA, S. B.; SALIH, O. A. Growth and yield quality of sweet corn, as influenced by nitrogen fertilization levels in sulaimani region. **The Iraqi Journal of Agricultural Science**, v.48, n. 6, p.1582-1589, 2017.

MOREIRA, J. N.; SILVA, P. S. L.; SILVA, K. M. B.; DOMBROSKI, J. L. D.; CASTRO, R. S. Effect of detasseling on baby corn, green ear and grain yield of two maize hybrids. **Horticultura Brasileira**, 28, 406-411, 2010.

MOTA, M. R.; SANGOI, L.; SCHENATTO, D. E.; GIORDANI, W.; BONIATTI, C. M.; DALL'IGNA, L. 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**, 39, 512-522, 2015.

MUZILLI, O.; OLIVEIRA, E. L. O milho no Paraná. Londrina: Fundação Instituto Agrônômico do Paraná, **Circular 29**, p.88-95, 1992.

NAIK, A. A.; REDDY, M. S.; BABU, P. R.; KAVITHA, P. Effect of plant density and nitrogen management on growth, yield and economics of sweet corn (*Zea mays* var. *Saccharata*). **Growth**, v. 8, n.6, p.839-842, 2019.

NEUMANN, M.; HORST, E. H.; de SOUZA, A. M.; VENANCIO, B. J.; JUNIOR, E. S. S.; KARPINSKI, R. A. K. Avaliação de doses crescentes de nitrogênio em cobertura em milho para silagem. **Agrarian**, v.12, n.44, p.156-164, 2019.

NEUMANN, M.; SANDINI, I. E.; LUSTOSA, S. B. C.; OST, P. R.; ROMANO, M. A.; FALBO, M. K.; PANSERA, E. R. 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**, v.4, n.3, p.418-427, 2010.

NUMOTO, A. Y.; VIDIGAL FILHO, P. S.; SCAPIM, C. A.; FRANCO, A. A. N.; ORTIZ, A. H. T.; MARQUES, O. J.; PELLOSO, M. F. Agronomic performance and sweet corn quality as a function of inoculant doses (*Azospirillum brasilense*) and nitrogen fertilization management in summer harvest. **Bragantia**, v. 78, n. 1, p.29-37, 2019.

OHLAND, R. A. A.; SOUZA, L. F.; HERNANI, L. C.; MARCHETTI, M. E.; GONÇALVES, M. C. Culturas de cobertura do solo e adubação nitrogenada no milho em plantio direto. **Ciência e Agrotecnologia**, v.29, n.3, p.538-544, 2005.

OKTEM, A. A.; OKTEM, A. G.; EMEKLIER, H. Y. Effect of Nitrogen on Yield and Some Quality Parameters of Sweet Corn. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 41, p.832-847, 2010.

OKUMURA, R. S.; de CINQUE MARIANO, D.; ZACCHEO, P. V. C. Use of nitrogen fertilizer in corn. **Applied Research & Agrotechnology**, 4(2), 226-244, 2011.

OKUMURA, R. S.; VIDIGAL FILHO, P. S.; SCAPIM, C. A.; MARQUES, O. J.; FRANCO, A. A. N.; SOUZA, R. S.; RECHE, D. L. Effects of nitrogen rates and timing of nitrogen topdressing applications on the nutritional and agronomic traits of sweet corn. **Journal of Food, Agriculture and Environment**, v.12, n.2, p.391-398, 2014.

OLIVEIRA JR, L. F. G.; DELIZA. R.; BRESSAN-SMITH, R.; PEREIRA, M. G.; CHIQUIERE, T. B. Seleção de genótipos de milho mais promissores para o consumo in natura. **Food Science and Technology**, v.26, p.159-165, 2006.

OLIVEIRA, S. L. de. **Funções de resposta do milho doce ao uso de irrigação e nitrogênio**, Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 91p. 1993.

OLIVEIRA, V. R. de. Tratamento industrial de sementes: quantificação do ingrediente ativo em lotes de milho doce. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Sementes), Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 60p. 2016.

PANGARIBUAN, D. H.; HENDARTO, K. The effect of organic fertilizer and urea fertilizer on growth, yield and quality of sweet corn and soil health. **Asian Journal of Agriculture and Biology**, v. 6, n. 3, p. 335-344, 2018.

PAUDEL, G.; BHATTA, M.; MAHATO, M.; JOSHI, D.; SHRESTHA, J. Genotype and nitrogen effects on grain yield and yield-related traits of maize (*Zea mays* L.) hybrids. **Agraarteadus 2**, v. 32, p. 289–295 2021.

PEREIRA FILHO, I. A.; TEIXEIRA, F. F. **O cultivo do milho-doce**. Brasília, DF: Embrapa, 2016.

PEREIRA, M. B.; GOMES, J. L. D. S.; CAVALCANTE, V. R.; OLIVEIRA, B. D. S.; LOBO, J. T.; RIBEIRO, J. E. D. S.; MIELEZRSKI, F. Nitrogen Management in Maize Under Rainfed Conditions in the Brazilian Semiarid Region. **Journal of Agricultural Science**, v.11, n.(7), 2019.

PIEKIELEK, W.P.; FOX, R.H. Use of a chlorophyll meter to predict side dress requirements for maize. **Agron. J.**, Madison, v. 84, p.59 - 65, 1992.

REGITANO-D'ARCE, M. A. B.; SPOTO, M. H. F.; CASTELLUCCI, A. C. L. Processamento e industrialização do milho para alimentação humana. **Visão agrícola**, v.13, 138-140, 2015.

RESENDE, H. de O.; CRUZ, S. C. S.; SENA JUNIOR, D. G. de; BARCELOS, J. G. E.; MACHADO, C. G. Milho cultivado em arranjo espacial convencional e equidistante submetido a doses de nitrogênio. **Espacios**, v. 38, p. 17, 2017.

RHEZALI, A.; AISSAOUI, A. E. Feasibility study of using absolute SPAD values for standardized evaluation of corn nitrogen status. **Nitrogen**, v.2, n.3, p. 298-307,2021.

RICHIERI, R. **Influência de diferentes intervalos de processamento de milho doce nas características qualitativas e quantitativas**. Dissertação (Mestrado em Olericultura), Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Morrinhos, 40p. 2019.

RITCHIE, S.W.; HANWAY, J.J.; BENSON, G.O. How a corn plant develops. Ames: Iowa State University of Science and Technology, **Special Report**, v.48, 26p. 1993.

RUFTY, T.W.; Jr.; HUBER, S.C.; VOLK, R.J. Alterations in leaf carbohydrate metabolism in response to nitrogen stress. **Plant Physiology**, n. 88, p.725- 730,1988.

RUPESH, T.; SINGH, D. P.; MEENA, R. H.; YADAV, K. K.; CHOUDHARY, R. S. Effect of Organic and Inorganic Sources of Nitrogen on Growth, Quality Parameters, Yield and Yield Attributes of Sweet Corn (*Zea mays L. sacharata*) in Typic Haplusteps. Ind. J. Pure App. **Biosci**, 8(4), 660-668, 2020.

SAHOO, S.C.; MOHANTY, M. Performance of Sweet Corn under Different Fertility Levels - A Review. **Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci**, v.9, n.6, p. 3325-3331, 2020.

SANDYA, N. R.; SUBBAIAH, G.; RAO, C. P. Impact of different plant densities and nitrogen rates on growth and yield of sweet corn (*Zea mays saccharata*) during rabi. **Eco. Env. & Cons**, v. 22, n. 3, p. 419-423, 2016.

SANTOS, L. P. D.; AQUINO, L. A.; NUNES, P. H. M. P.; XAVIER, F. O. Doses de nitrogênio na cultura do milho para altas produtividades de grãos. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.12, n.3, p.270-279, 2013.

SCHLICHTING, A. F. **Cultura do milho submetida a tensões de água no solo e doses de nitrogênio**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal de Mato Grosso, Rondonópolis, .84p. 2012.

SCHÖDER, J. J.; NEETESON, J. J.; WITHAGEN, J. C. M. Does the crop or the soil indicate how to save nitrogen in maize production. Reviewing the state of the art. **Field Crops Research**, v.66, p.151-164, 2000.

SEGATTO, C.; CONTE, R.; LAJÚS, C. R.; LUZ, G. L. Da. Relação da leitura do clorofilômetro com o rendimento da cultura do milho em diferentes níveis de suprimento de nitrogênio. **Scientia Agraria Paranaensis – Sci. Agrar**, v16, p. 25359, 2017.

SHARANABASAPPA, H. C.; BASAVANNEPPA, M. A. Influence of plant population and fertilizer levels on growth, yield and quality parameters of quality protein maize (*Zea mays L.*) in irrigated ecosystem, **International Journal of Chemical Studies**. v.7, n.2, p.1425-1429, 2019.

SIMIĆ, M.; DRAGIČEVIĆ, V.; MLADENOVIĆ DRINIĆ, S.; VUKADINOVIĆ, J.; KRESOVIĆ, B.; TABAKOVIĆ, M.; BRANKOV, M. The contribution of soil tillage and nitrogen rate to the quality of maize grain. **Agronomy**, v.10, n. 7, p. 976, 2020.

SINGH, I.; LANGYAN, S.; YADAVA, P. Sweet corn and corn-based sweeteners. **Sugar tech**, v.16, n.2, p.144-149, 2014.

SILVA, J. M. da. **Índices nitrogenados, biomassa e produção de pimentão em SLAB associados a doses de nitrogênio via gotejamento**. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 61p. 2019.

SMEAL, D.; ZHANG, H. Chlorophyll meter evaluation for nitrogen management in corn. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.*, v.25, p.1495-1503, 1994.

SOUZA, Ê. G. F.; CRUZ, E. A. D.; FRANÇA, R. F. D.; SILVA, J. M. D.; BARROS JÚNIOR, A. P.; BEZERRA NETO, F. Economic nitrogen rate for fertigation of green corn crop in the Brazilian semiarid. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 54, 2019.

SOUZA, E. J. D.; CUNHA, F. F. D.; MAGALHÃES, F. F.; SILVA, T. R. D.; SANTOS, O. F. D. Características da espiga do milho doce produzido sob diferentes lâminas de irrigação e doses nitrogenadas. **Engenharia na Agricultura**. v. 24, n.1, p. 50-62, 2016.

SOUZA, P. M. de; Braga, M.J. **Aspectos econômicos da produção e comercialização do milho no Brasil**. In: Galvão, J.C.C.; Miranda, G.V. (eds.) *Tecnologias de Produção do Milho*. 20.ed. Viçosa: UFV, p. 13-53, 2004.

STANSLUOS, A. A. L.; ÖZTÜRK, A.; KODAZ, S. Agronomic Performance of Different Sweet Corn Cultivars in the Highest Plain of Turkey: **Plant Growth and Yields**, 2020.

SZYMANEK, M.; PIASECKI, J. Effect of different rates of nitrogen fertilizer on growth and yield of sweet corn cobs. **Teka Komisji Motoryzacji i Energetyki Rolnictwa**, v.13, n.1, 2013.
 TEIXEIRA, F. F.; SOUSA, I.R.P.; GAMA, E.E.G.; PACHECO, C. A.P.; PARENTONI, S.N.; SANTOS, M.X.; MEIRELLES, W.F. Avaliação da capacidade de combinação entre linhagens de milho doce. **Ciência e Agrotecnologia**, v.25, n.3, p. 483-488, 2001.

TEIXEIRA, L. A.; TESTA, V. M.; MIELNICZUK, J. Nitrogênio do solo, nutrição e rendimento de milho afetados por sistemas de cultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.18, p.207-214, 1994.

TELES, D. D. A.; NASCIMENTO, W. M. **Competição de cultivares de milho-doce para produção de minimilho**. Embrapa Hortaliças-Artigo em periódico indexado (ALICE), 2010.
 TRACY, W.F. **Sweet corn**. In: HALLAUER, A. R. (Ed.). *Specialty corns*. **Boca Raton: CRC Press**, P. 155-198. 2001.

TRACY, W. F. History, genetics, and breeding of super sweet (shrunken2) sweet corn. **Plant Breeding Reviews**, 14, p.189-380, 2010.

UMBARKAR, S. P.; WAGH, A. P.; NAGRE, P. K.; SONKAMBLE, A. M.; BHARAD, S. G. Effects of different levels of nitrogen and potassium on economics of sweet corn. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, v.9, n.6, p.1138-1140. 2020.

VASCONCELLOS, C. A.; BARBOSA, J. V. A.; SANTOS, H. L. dos; FRANÇA, G. E. de. Acumulação de massa seca e de nutrientes por dois híbridos de milho com e sem irrigação suplementar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v. 18, n. 8, p. 887-901, 1983.

VASCONCELLOS, C. A.; VIANA, M. C. M.; FERREIRA, J. J. Acúmulo de matéria seca e de nutrientes em milho cultivado no período de inverno-primavera. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.33, n.11, p.1835-45, 1998.

VIAN, A. L.; BREDEMEIER, C.; DA SILVA, P. R. F.; SANTI, A. L.; DA SILVA, C. P. G.; Dos SANTOS, F. L. Limites críticos de NDVI para estimativa do potencial produtivo do milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.17, n., p.91-100, 2018.

WANG, X.; WANG, G.; TURNER, N. C.; XING, Y.; LI, M.; GUO, T. Determining optimal mulching, planting density, and nitrogen application to increase maize grain yield and nitrogen translocation efficiency in Northwest China. **BMC plant biology**, v.20, n.1, p.1-21, 2020.

WANG, Y.; NABER, M.; CROSBY, T.; LIANG, G. Evaluating multiple diagnostic tools for monitoring in-season nitrogen status of chipping potatoes in the Upper Midwest of the USA. **Potato Research**, p.1-20, 2021.

WASAYA, A.; TAHIR, M.; YASIR, T. A.; AKRAM, M.; FAROOQ, O.; SARWAR, N. Soil physical properties, nitrogen uptake and grain quality of maize (*Zea mays* L.) as affected by tillage systems and nitrogen application. **Italian Journal of Agronomy**, v.13, n.4, p.324-331, 2018.

WASKOM, R. M.; WESTFALL, D. G.; SPELLMAN, D. E.; SOLTANPOUR, P. N. Monitoring nitrogen status of corn with a portable chlorophyll meter. **Comm. Soil Sci. Plant Anal.**, v.27, p.554-560, 1996.

WILDA, L. R. M. **Plant sensors for nitrogen monitoring and fertilization impacts on the nutrient dynamic on maize crop**. Tese (Doutorado em Ciência do Solo). Universidade Federal de Lavras, Lavras, 94p. 2018.

YAMADA, T. **Manejo de nitrogênio na cultura do milho**. In: Tecnologia na produção de milho. Piracicaba: ESALQ, p.121-130. 1997.

ZAKARIA, O. E.; EL-ROUBY, M. M.; HEMEID, M. M. Grain quality of maize cultivar Giza 168 as affected by levels of irrigation, sowing date, plant density and macronutrients. **Alexandria Science Exchange Journal**, v.41, p. 455-470. 2020.

ZUCARELI, C.; BAZZO, J. H. B.; SILVA, J. B.; COSTA, D. S.; FONSECA, I. C. B. Nitrogen rates and side-dressing timing on sweet corn seed production and physiological potential. **Revista Caatinga**, v. 31, n.2, p.344-351, 2018.