

Uso do clorofilômetro e sua relação com o manejo da adubação nitrogenada em cultivares de sorgo granífero e silageiro na região semiárida

Use of the chlorophyll meter and its relationship with the management of nitrogen fertilization in cultivars of grain sorghum and silage in the semiarid region

DOI:10.34117/bjdv6n4-024

Recebimento dos originais: 03/03/2020

Aceitação para publicação: 01/04/2020

Carlos Juliano Brant Albuquerque

Doutor em Agronomia / Fitotecnia

Instituição: Universidade Federal de Minas Gerais

Endereço: Instituto de Ciências Agrárias (ICA) – UFMG, Avenida Universitária, 1.000 –
Bairro Universitário Montes Claros – MG – CEP: 39.404-547

E-mail: carlosjulianobrant@gmail.com

Thyago Henrique Sanguinete Souza

Engenheiro Agrônomo

Instituição: Universidade Federal de Minas Gerais

Endereço: Instituto de Ciências Agrárias (ICA) – UFMG, Avenida Universitária, 1.000 –
Bairro Universitário Montes Claros – MG – CEP: 39.404-547

E-mail: thhyagosouza@hotmail.com

Lucas Melo da Costa

Engenheiro Agrônomo

Instituição: Universidade Federal de Minas Gerais

Endereço: Instituto de Ciências Agrárias (ICA) – UFMG, Avenida Universitária, 1.000 –
Bairro Universitário Montes Claros – MG – CEP: 39.404-547

E-mail: lucasmelo@hotmail.com

Fernando da Silva Rocha

Doutor em Agronomia / Fitopatologia

Instituição: Universidade Federal de Minas Gerais

Endereço: Instituto de Ciências Agrárias (ICA) – UFMG, Avenida Universitária, 1.000 –
Bairro Universitário Montes Claros – MG – CEP: 39.404-547

E-mail: rochafsplant@yahoo.com.br

Flavio Pinto Monção

Doutor em Zootecnia

Instituição: Universidade Estadual de Montes Claros

Endereço: Av. Reinaldo Viana, 2630, Janaúba - MG, 39440-000

E-mail: moncaomoncao@yahoo.com.br

João Paulo Sampaio Rigueira

Doutor em Zootecnia

Instituição: Universidade Estadual de Montes Claros

Endereço: Av. Reinaldo Viana, 2630, Janaúba - MG, 39440-000

E-mail: jpzootecnia@hotmail.com

Vicente Ribeiro Rocha Junior

Doutor em Zootecnia

Instituição: Universidade Estadual de Montes Claros

Endereço: Av. Reinaldo Viana, 2630, Janaúba - MG, 39440-000

E-mail: vicente.rocha@unimontes.br

RESUMO

O manejo racional de insumos é fundamental para eficiência dos cultivos em regiões com menor disponibilidade hídrica. Entre os nutrientes das plantas, o nitrogênio (N) é o que possui maior complexidade, devido suas perdas em função de fatores edafoclimáticos. Na cultura do sorgo, a produtividade acumula linearmente com a aplicação de N, sendo esse o nutriente de maior exigência pela cultura. Sendo assim, objetivou-se avaliar o uso do clorofilômetro e sua relação com o manejo da adubação nitrogenada em cultivares de sorgo granífero e silageiro. O ensaio foi conduzido em delineamento com blocos casualizados em esquema fatorial 4x4 com três repetições, sendo quatro cultivares de sorgo, dois graníferos (BRS310 e 50A50) e dois forrageiros (SS318 e BRS655) em quatro diferentes manejos da adubação nitrogenada na semeadura com doses de 16, 32, 48 e 64 kg ha⁻¹ de N (ureia). A adubação utilizada na semeadura foi 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (Super Simples) e 20 kg ha⁻¹ de K₂O (Cloreto de potássio). A adubação de cobertura foi realizada logo após o desbaste, visando atingir o total de 110 kg ha⁻¹. O aumento da dose da adubação nitrogenada no plantio tem potencial de uso no sorgo granífero e forrageiro em solos argilosos no semiárido de Minas Gerais por reduzir o número de operações. O aumento de doses de N no plantio tem correlação positiva com o índice AtLeaf e com as principais características agrônômicas no grupo de sorgo granífero, já no grupo silageiro existe correlação negativa para o índice AtLeaf, o que indica manejos diferenciados desse nutriente em função do grupo de cultivares.

Palavras-chave: Semiárido; safrinha; seca; produtividade.

ABSTRACT

The rational management of inputs is essential for the efficiency of crops in regions with less water availability. Among plant nutrients, nitrogen (N) is the most complex due to its losses due to edaphoclimatic factors. In the sorghum crop, productivity accumulates linearly with the application of N, which is the nutrient most demanded by the crop. Thus, the objective was to

evaluate the use of the chlorophyll meter and its relationship with the management of nitrogen fertilization in cultivars of grain sorghum and silage. The experiment was carried out in a randomized block design in a 4x4 factorial scheme with three replications, four sorghum cultivars, two granifers (BRS310 and 50A50) and two forages (SS318 and BRS655) in four different nitrogen fertilization management systems at sowing with doses of 16, 32, 48 and 64 kg ha⁻¹ of N (urea). The fertilizer used for sowing was 90 kg ha⁻¹ of P₂O₅ (Super Simple) and 20 kg.ha⁻¹ of K₂O (Potassium chloride). The cover fertilization was carried out right after thinning, aiming at reaching a total of 110 kg ha⁻¹. The increase in the nitrogen fertilization dose at planting has potential for use in grain and forage sorghum in clay soils in the semiarid region of Minas Gerais, as it reduces the number of operations. The increase in N doses at planting has a positive correlation with the AtLeaf index and with the main agronomic characteristics in the grain sorghum group, whereas in the silage group there is a negative correlation for the AtLeaf index, which indicates different management of this nutrient according to the group of cultivars.

Keywords: Semiarid; off-season; dry; productivity.

1 INTRODUÇÃO

O nitrogênio (N) é um elemento essencial para o crescimento e desenvolvimento das plantas. O manejo desse nutriente é bastante complexo e muitas vezes pouco eficiente na cultura do sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), devido às instabilidades climáticas ocasionadas durante o cultivo no semiárido ou safrinha. A adubação nitrogenada geralmente é o principal componente do manejo de nutrientes do solo, uma vez que, devido a sua mobilidade este pode facilmente se dissipar ou volatilizar (ZHENG et al., 2015).

Na cultura do sorgo, o acúmulo de N ocorre quase que linear com a produtividade sendo esse o nutriente de maior exigência pela cultura (ZANDONADI et al., 2017; MATEUS et al., 2011; TAVIAN et al., 2014). Além disso, é constituinte essencial das proteínas e interfere diretamente no processo fotossintético, pois compõe a molécula de clorofila (SIMILI et al., 2008). O manejo adequado da adubação nitrogenada reduz as perdas desse nutriente no sistema, sendo parte colocada no plantio e o restante em cobertura (PINTO et al., 2011).

De acordo com Alves et al. (1999), recomenda-se a dose de 10 a 20 kg ha⁻¹ de N na semeadura no plantio convencional e 30 kg ha⁻¹ de N na semeadura no plantio direto com o restante incorporado em função da produtividade de grãos ou matéria fresca esperada feito em cobertura. A quantidade de N disponível (acima ou abaixo do exigido) pode afetar o crescimento e o rendimento das plantas (DUNN et al., 2018). Os sistemas de recomendação de nitrogênio para o sorgo devem ser específicos e refletir as exigências das variedades em diferentes condições de cultivo (LYONS et al., 2019).

O programa de fertilização nitrogenada pode ser conseguido através da análise dos teores de clorofila (“a”, “b” e “a+b”) na matéria seca de folhas e posterior interpretação dos resultados (GIL et al., 2002). Uma vez que o N se destaca por integrar a estrutura molecular das clorofilas e também por atuar em alguma etapa das reações que levam à síntese desses pigmentos (TAIZ e ZEIGER, 2004). Entretanto, a utilização da análise foliar convencional apresenta limitações, como o tempo gasto entre a tomada das amostras e a obtenção dos resultados (NOVICHONOK et al., 2016). Ademais, os clorofilômetros são, no geral, efetivos em avaliar o verde da planta, ou indiretamente a concentração de clorofila e o “status” de nitrogênio das folhas, oferecendo vantagens em relação ao método convencional de análise (FERREIRA et al., 2006).

Entre os clorofilômetros, o modelo atLEAF (FT Green LLC, Wilmington, DE, USA) se apresenta como uma alternativa de baixo custo (CAVALLO *et al.*, 2017). Novichonok et al. (2016) demonstram relação significativa entre os valores de clorofila a, b e clorofila total e o valor atLEAF descritas por meio da função exponencial em *Cleistanthus* sp. e *Calamus* sp. Assim, esses equipamentos podem ser usados para inferir o estado nutricional de N em sorgo e, conseqüentemente, após calibração, ajustes na adubação nitrogenada (ZANDONADI, 2016). Neste contexto, objetivou-se avaliar o uso do clorofilômetro e sua relação com o manejo da adubação nitrogenada em cultivares de sorgo granífero e silageiro.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais (ICA/UFMG), no município de Montes Claros, Minas Gerais (latitude 16°40'59,7" S, longitude 43°50'21,9" W, altitude 680 m). De acordo com a classificação climática Köppen (ALVARES et al., 2013) é uma área de clima seco tropical; com precipitação anual entre 1000 - 1300 mm, com inverno seco e temperatura média de 22,7°C. A temperatura média e precipitação por decêndio durante a condução do experimento são apresentadas na Figura 1.

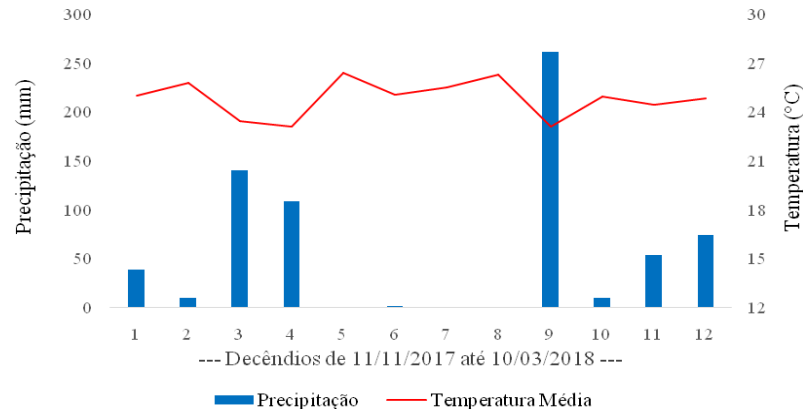


Figura 1 – Temperatura média e precipitação por decêndio, durante o cultivo de cultivares de sorgo em Montes Claros – MG. Adaptado de, INMET (2019).

O Solo da área experimental é classificado como Argissolo Vermelho Amarelo eutrófico típico (EMBRAPA, 2015). Os resultados da análise química do solo podem ser verificados na Tabela 1.

Tabela 1. Análise química do solo da área experimental nos perfis 0-20 e 20-40 cm.

Camada (cm)	pH H ₂ O	P	K	Ca	Mg	Al	H + Al	SB	CTC	V	M.O	
	-	mg dm ⁻³		cmolc dm ⁻³							(%)	dag kg ⁻¹
0-20	6,8	4,5	88	1,2	1,2	0	3,4	3,8	7,2	53	2,5	
20-40	6,1	2,4	58	0,8	0,8	0,1	3,8	2,8	6,6	42	2,9	

P, K = (HCL 0,05 mol L⁻¹ + H₂SO₄ 0,0125 mol L⁻¹); P disponível (extrator Mehlich⁻¹); Ca, Mg, Al (KCl 1 mol L⁻¹); H+Al (Solução tampão – SMP a pH 7,5); SB = Soma de Bases; CTC = Capacidade de troca catiônica; V Saturação por bases; MO = Matéria Orgânica. Fonte: Laboratório de Análise de solos do ICA/UFMG, 2017.

O ensaio foi conduzido em delineamento com blocos casualizados em esquema fatorial 4x4 com três repetições, sendo quatro cultivares de sorgo, dois graníferos (BRS310 e 50A50) e dois forrageiros para produção de silagem (SS318 e BRS655), em quatro diferentes manejos da adubação nitrogenada na semeadura com doses de 16, 32, 48 e 64 kg ha⁻¹ de N (ureia), totalizando 48 parcelas. Cada parcela foi constituída por oito linhas, com quatro metros lineares no espaçamento de 0,50 m entre linhas. A área útil para avaliação das características agrônômicas correspondia a duas linhas de quatro metros.

A condução do cultivo foi de forma convencional, o solo foi preparado antecipadamente com aração e gradagem (grade média). Em seguida, foram feitos os sulcos de plantio com o auxílio de cultivador acoplado ao trator. Os sulcos foram dimensionados para

serem espaçados em 0,5 m. Após o preparo do solo, foram realizadas adubação e semeadura manual das parcelas nos sulcos, adotando-se o dobro de sementes recomendado. Quando as plantas estavam com seis folhas foram realizadas o desbaste, adotando-se a população de sete plantas por metro linear (140 mil plantas ha⁻¹), seguindo o delineamento e os tratamentos. O experimento foi implantado no dia 11 de novembro de 2017.

A adubação utilizada na semeadura foi 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (Super Simples) e 20 kg ha⁻¹ de K₂O (Cloreto de potássio) associado com os manejos de nitrogênio (tratamentos). A adubação de cobertura foi realizada logo após o desbaste, visando atingir o total de 110 kg ha⁻¹ de N (para cada tratamento, ou seja, 84, 68, 52, e 36 kg ha⁻¹ de N, respectivamente) (Tabela 2).

Tabela 2. Manejo da adubação de plantio, de cobertura e total em cultivares de sorgo para cada tratamento.

Tratamento	Cultivar	N no Plantio (kg.ha ⁻¹)	N Cobertura (kg.ha ⁻¹)	N total (kg.ha ⁻¹)
1	BRS310	16	94	110
2	BRS310	32	78	110
3	BRS310	48	62	110
4	BRS310	64	46	110
5	50A50	16	94	110
6	50A50	32	78	110
7	50A50	48	62	110
8	50A50	64	46	110
9	SS318	16	94	110
10	SS318	32	78	110
11	SS318	48	62	110
12	SS318	64	46	110
13	BRS655	16	94	110
14	BRS655	32	78	110
15	BRS655	48	62	110
16	BRS655	64	46	110

Para o controle de plantas daninhas foi utilizado, na pré-emergência, o herbicida Gezaprim® 500 (atrazine), na dosagem de 4 L ha⁻¹ do produto comercial. Para controle da lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*), realizaram-se duas pulverizações com Decis 25CE (Deltametrina) na dosagem de 200 mL ha⁻¹. As pulverizações foram feitas com equipamento pressurizado a CO₂ no volume de 200 L ha⁻¹ para ambos defensivos. Na ocasião do florescimento as panículas foram protegidas com sacos de papel Kraft impermeável para proteção contra-ataques de pássaros. Foram avaliadas as características de altura de plantas

(m) usando uma trena graduada em cm, produtividade de grãos ($t\ ha^{-1}$), produtividade de matéria seca e proteína bruta dos grãos. O estado nutricional das plantas em relação ao nitrogênio foi monitorado semanalmente, ao longo dos estádios de desenvolvimento do sorgo com uso do clorofilômetro AtLeaf®.

Para cada adubação, os dados obtidos foram submetidos à análise de variância decompondo-se o efeito das cultivares e aplicação do adubo nitrogenado e suas interações. As médias foram agrupadas considerando separadamente os grupos de cultivares graníferos e silageiras. As médias foram agrupadas pelo teste de Scott-knott a 5% de probabilidade, utilizando o programa estatístico GENES (CRUZ, 1997). A dose de N foi analisado por meio da regressão. Também foi estimada a correlação de Pearson entre as adubações e características avaliadas para os grupos granífero e silageiro.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resumo das análises de variância para as diferentes características avaliadas são apresentadas na Tabela 3. Houve diferença estatística entre as cultivares e grupos de cultivares de sorgo para a maioria dos parâmetros, exceto para o índice AtLeaf e o teor de proteína bruta. Entretanto, em relação à adubação, não houve diferença estatística para a maioria das variáveis analisadas.

Tabela 3. Quadrado médio das variáveis altura de plantas (AP), produtividade de grãos (PG), índice AtLeaf (AT), matéria seca (MS) e proteína bruta (PB).

Fontes de variação	GL	AP	PG	AT	MS	PB
Bloco/adubação	8	0,00	1,30	25,29	38,35	4,50
Cultivares (C)	3	8,52	6,94	3,68	2445,64	0,14
Grupo Granífero (GG)	1	0,11**	0,00 ^{ns}	1,33 ^{ns}	10,84 ^{ns}	0,00 ^{ns}
Grupo Silageiro (GS)	1	1,64**	13,38*	0,11 ^{ns}	2099,82**	0,24 ^{ns}
GG versus GS	1	23,82**	7,44**	9,59 ^{ns}	5226,26**	0,18 ^{ns}
Adubação (A)	3	0,08	20,32	2,23	20,58	0,66
C X A	9	0,00	2,69	9,21	19,89	0,37
GG x A	3	0,00*	5,68*	14,36 ^{ns}	5,40 ^{ns}	0,16 ^{ns}
GS x A	3	0,00*	1,96 ^{ns}	5,00 ^{ns}	40,27 ^{ns}	0,11 ^{ns}
Entre as doses de adubação	3	0,00**	0,44 ^{ns}	8,26 ^{ns}	14,00 ^{ns}	0,84 ^{ns}
Resíduo	24	0,00	1,79	17,93	14,64	0,510
Total	47					

** = significativo a 1%; * = significativo a 5%; ^{ns} = não significativo.

As médias de altura da planta diferiram ($P \leq 0,01$) para os grupos granífero (50A50 e BRS310) e silageiro (BRS655 e SS318) e entre os grupos granífero *versus* silageiro. Notou-se ainda efeito na altura de planta no grupo granífero com a adubação ($P \leq 0,05$) bem como entre as adubações. A altura média de planta dos grupos granífero e silageiro foi de 1,40 m e 2,81 m, respectivamente, com melhor porte das cultivares silageiras em todos os manejos de adubação. Entre as cultivares, a SS318 apresentou a maior média (3,07 m), não diferindo entre os manejos ($P > 0,05$), já a cultivar BRS310 apresentou a menor média (1,33 m), expondo a menor altura sob a dose de 16 kg.ha⁻¹ de N (1,21 m).

De modo geral, a média obtida com o aumento da adubação nitrogenada na semeadura propiciou incrementos no porte das plantas independente do grupo de cultivares (Figura 2). No grupo granífero para cada 1 kg ha⁻¹ foi observado aumento de dois cm para cultivar 50A50 e 3 cm para BRS310, já para as duas cultivares do grupo silageiro ocorreu aumento de 4 cm na mesma dose.

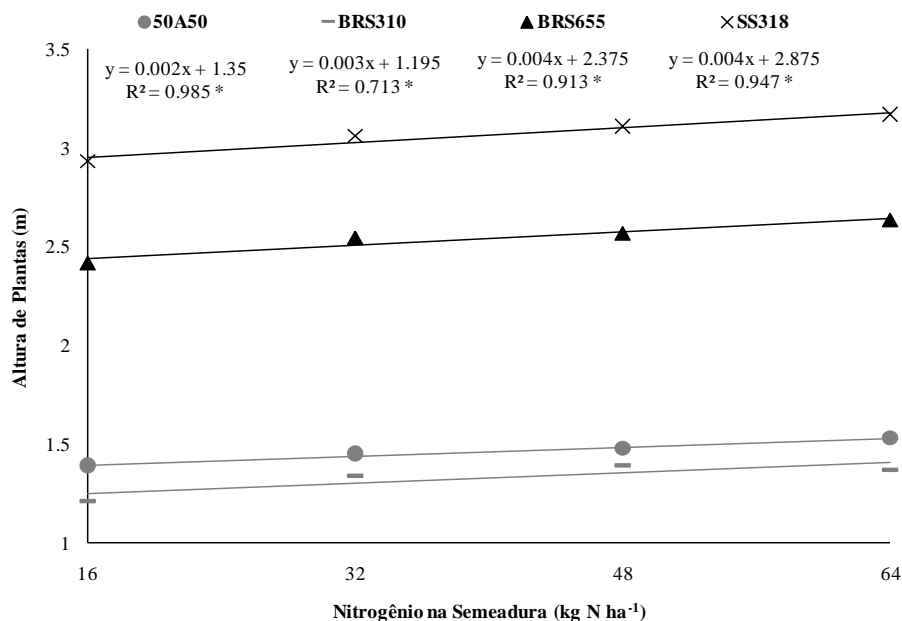


Figura 2 - Representação gráfica da equação de regressão para a altura das plantas de cultivares de sorgo 50A50, BRS 310, BRS655 e SS318 nos quatro manejos de adubação nitrogenada. *Significativo, a 5% de probabilidade.

A altura das plantas é altamente influenciada (entre outros fatores) pela constituição genética das cultivares, o que proporcionou a grande variação observada (PINHO et al., 2006). O melhor desempenho do grupo silageiro em relação ao granífero para este parâmetro já era esperado, uma vez que, o melhoramento genético deste grupo busca justamente o aumento na produção de biomassa para ensilagem (COSTA et al., 2016). Entretanto, Leite et al. (2014)

utilizando a cultivar SS318 com 25 kg.ha⁻¹ de N no plantio e 155,54 kg.ha⁻¹ em cobertura obtiveram médias de altura de planta entre 1,72 e 1,91 m (em diferentes stands, entre 100.000 a 180.000 plantas ha⁻¹), inferior as obtidas neste trabalho.

A produtividade de grãos diferiu significativamente, para o grupo silageiro ($P \leq 0,05$) e entre o grupo granífero *versus* silageiro ($P \leq 0,01$). Foi observada ainda, diferença na produção de grãos do grupo granífero com as adubações ($P \leq 0,05$). A produtividade média de grãos do grupo silageiro (6,09 t.ha⁻¹) foi maior que a do grupo granífero (5,10 t.ha⁻¹), entretanto, foi observado diferença estatística para este parâmetro apenas sob a dose 48 kg.ha⁻¹ de N, onde as cultivares SS318 e BRS310 obtiveram melhor resultado que BRS655 e 50A50. Além disso, apenas a cultivar BRS310 variou sob as diferentes doses, com maior produtividade na dose 48 kg.ha⁻¹ de N (Tabela 5; Figura 3). Com exceção do cultivar BRS310, na dose 16 kg.ha⁻¹ de N no plantio, todas as outras interações (cultivares *versus* doses) obtiveram produtividade média de grãos maior que a média nacional (2,73 t.ha⁻¹) e do estado de Minas Gerais (3,48 t.ha⁻¹) na safra 2017/2018 (CONAB, 2019). Santos et al. (2014) avaliaram a severidade da antracnose (*C. sublineolum*) e a produtividade de diferentes cultivares de sorgo em resposta a doses crescentes de nitrogênio (20 kg.ha⁻¹ de N no plantio + 67, 112, 157 e 202 kg.ha⁻¹ de N em cobertura), e observaram que a cultivar BRS310 apresentou produtividade de grãos (6,69 t.ha⁻¹) inferior ao máximo obtido no presente trabalho para esta cultivar (7,87 t.ha⁻¹) na dose 48 kg.ha⁻¹. Demonstrando a eficiência dessa dose no aumento da produtividade de grãos.

Tabela 5. Produtividade média de grãos (t.ha⁻¹) de quatro cultivares de sorgo sob diferentes manejos da adubação nitrogenada

Grupos	Cultivar	Adubação (kg.ha ⁻¹)			
		16	32	48	64
Granífero	50A50	3,45 a A	5,02 a A	4,99 b A	6,88 a A
	BRS310	3,12 a B	4,07 a B	7,87 a A	7,90 a B
Silageiro	BRS655	3,59 a A	5,45 a A	5,25 b A	6,30 a A
	SS318	5,31 a A	5,59 a A	8,15 a A	7,50 a A

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferiram significativamente segundo o teste Scott-knott a 5% de probabilidade.

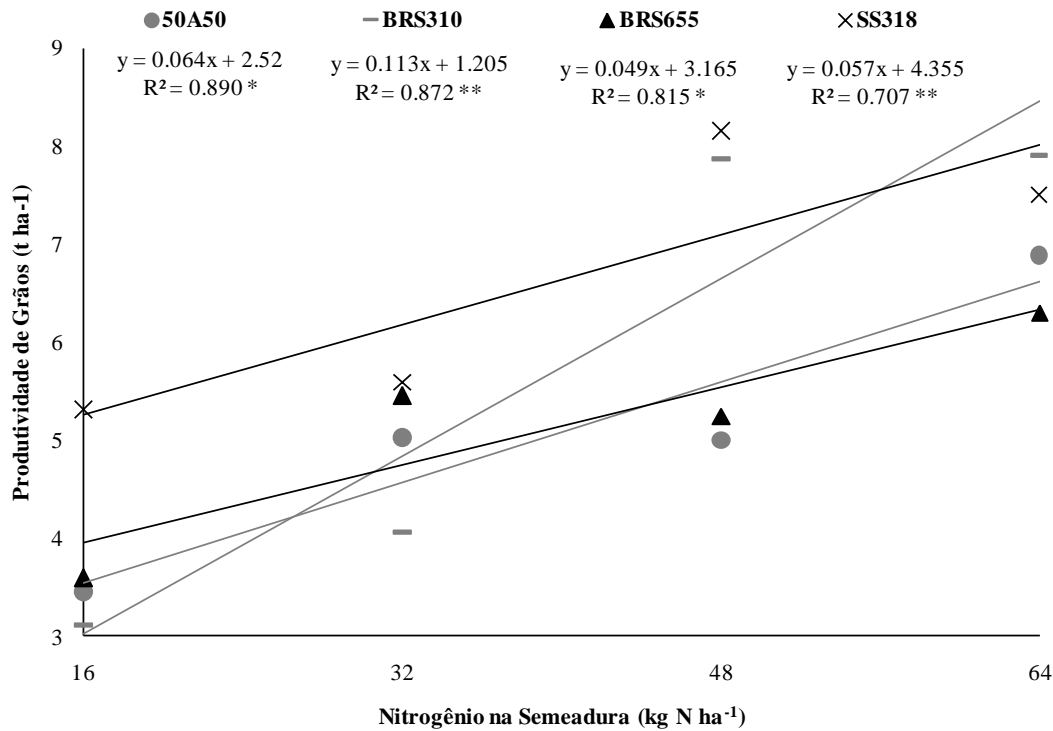


Figura 3 - Representação gráfica da equação de regressão para a produtividade de grãos de cultivares de sorgo 50A50, BRS 310, BRS655 e SS318 nos quatro manejos de adubação nitrogenada. *Significativo, a 5% de probabilidade.

Em relação ao índice AtLeaf, não foi observado diferença ($P > 0,05$) para nenhum dos fatores analisados (Tabela 7; Figura 4). A absorção de N é modulada pela presença dos carregadores específicos, pela afinidade desses carregadores em relação ao nitrato ou amônio e pela quantidade de N presente no solo (BREDEMEIER e MUNDSTOCK, 2000). O sorgo apresenta comportamento decrescente na eficiência de absorção de N à medida que as quantidades de nitrogênio disponíveis às plantas aumentaram (FERNANDES et al., 1991). É possível que esta redução esteja associada à saturação dos carregadores já que a absorção do nitrogênio é ativa, estagnando o teor de N nas clorofilas (observado pelo índice AtLeaf) mesmo em altas concentrações de N no solo.

Tabela 7. Índice AtLeaf de quatro cultivares de sorgo submetido a diferentes manejos da adubação nitrogenada

Grupos	Cultivar	Adubação (kg.ha ⁻¹)			
		16	32	48	64
Granífero	50A50	38,26 a A	37,14 a A	37,83 a A	37,73 a A
	BRS310	34,19 a A	40,03 a A	39,34 a A	39,28 a A
Silageiro	BRS655	39,07 a A	38,21 a A	39,03 a A	39,45 a A
	SS318	39,96 a A	40,10 a A	37,08 a A	38,05 a A

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferiram significativamente segundo o teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

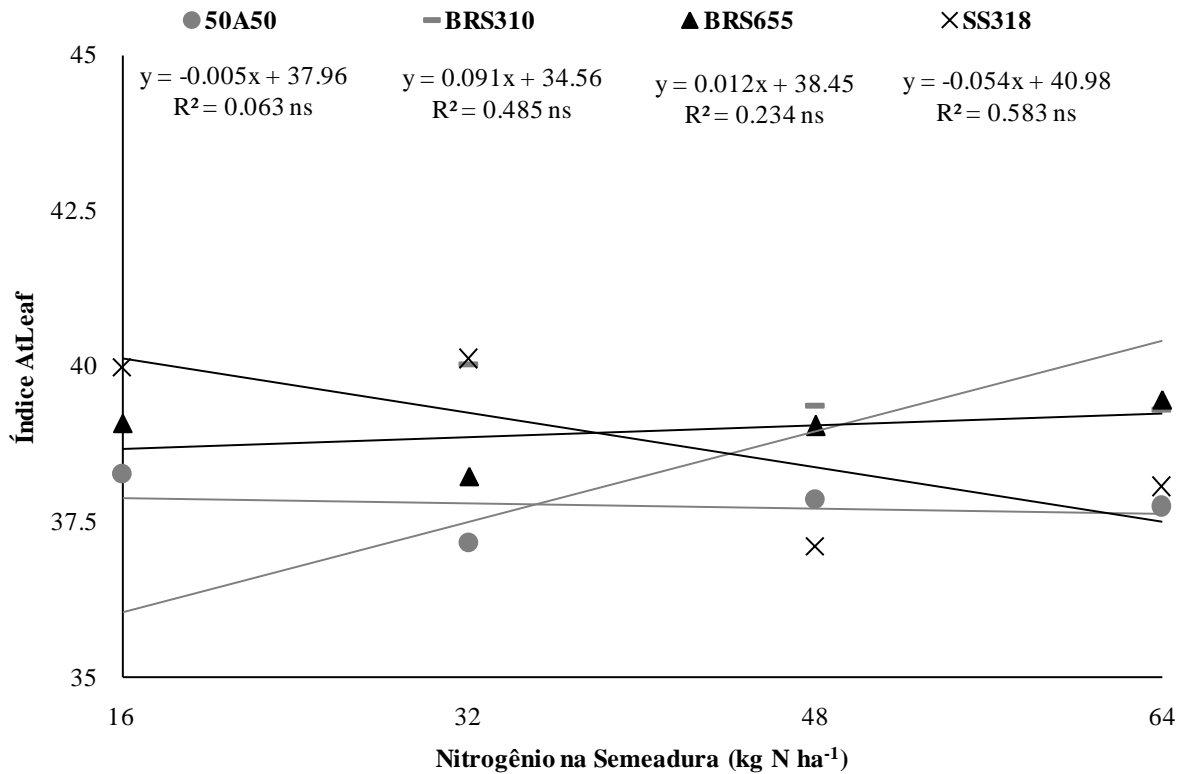


Figura 4 - Representação gráfica da equação de regressão para o índice AtLeaf de cultivares de sorgo 50A50, BRS 310, BRS655 e SS318 nos quatro manejos de adubação nitrogenada. *Significativo, a 5% de probabilidade.

A massa seca acumulada diferiu no grupo silageiro e entre o grupo granífero *versus* silageiro ($P \leq 0,01$), entretanto, não houve diferença na massa seca acumulada em relação às doses de adubação ($P > 0,05$). O manejo da adubação nitrogenada não influenciou o acúmulo de matéria seca nas quatro cultivares, sendo que as médias apresentadas pelas cultivares foram estatisticamente semelhantes ($P > 0,05$). Entre tanto, em todas as doses de adubação, a cultivar SS318 apresentou melhor desempenho, seguida do cultivar BRS655 (ambas silageiras) e das cultivares graníferas (não havendo diferença estatística entre estas últimas) (Tabela 8; Figura 5).

Tabela 8. Produtividade de matéria seca de quatro cultivares de sorgo sobre diferentes manejos da adubação nitrogenada, Montes Claros (2018).

Grupos	Cultivar	Adubação (kg.ha ⁻¹)			
		16	32	48	64
Granífero	50A50	9,09 c A	10,78 c A	11,11 c A	11,03 c A
	BRS310	11,88 c A	11,27 c A	10,18 c A	14,05 c A
Silageiro	BRS655	20,58 b A	23,18 b A	20,61 b A	26,40 b A
	SS318	27,99 a A	31,25 a A	23,05 a A	23,31 a A

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferiram significativamente segundo o teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

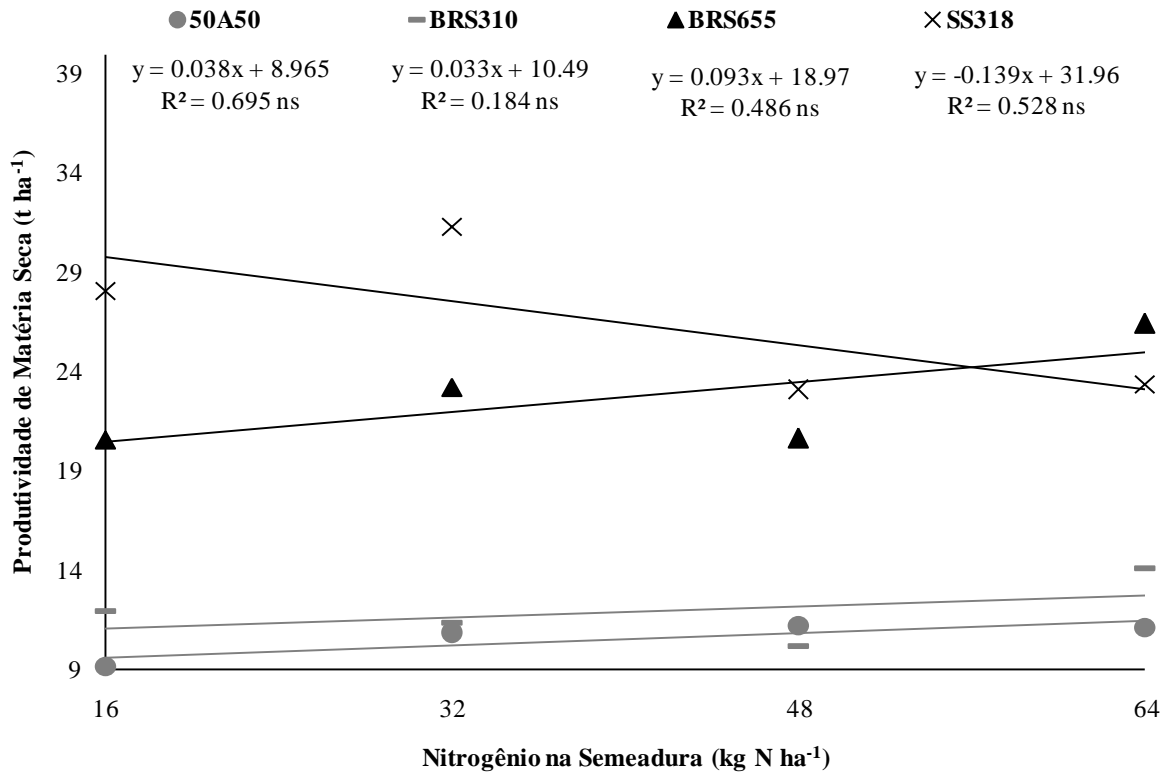


Figura 5 - Representação gráfica da equação de regressão para a produtividade de matéria seca de cultivares de sorgo 50A50, BRS 310, BRS655 e SS318 nos quatro manejos de adubação nitrogenada. *Significativo, a 5% de probabilidade.

A característica de acúmulo de matéria seca é intrínseca ao melhoramento vegetal do grupo forrageiro. O acúmulo de matéria seca do grupo silageiro foi superior as médias observadas por Rodrigo Filho et al. (2006), os quais avaliaram o potencial de produção, de quatro híbridos de sorgos forrageiros, submetidos a diferentes doses de nitrogênio (50, 75 e 100 kg.ha⁻¹ de N, metade no plantio e o restante em cobertura. Entretanto, Chaves *et al.*, (2017) estudaram as características agrônômicas de acessos de *S. bicolor* e obtiveram médias superiores as do presente trabalho para as cultivares BRS655 (28% de matéria seca) e SS318 (37% de matéria seca).

Não foi observada diferença estatística no teor de proteína bruta nas plantas ($P > 0,05$) para nenhum dos fatores analisados. Desta forma, não houve diferença estatística entre as médias das cultivares ou sobre interação com a adubação (Tabela 10; Figura 6). Os teores obtidos foram maiores que o observado por Fidelis et al. (2016), 7,6 % de proteína bruta, para a cultivar BRS655 sob 100 kg.ha⁻¹ de N (dividido em duas adubações de cobertura). Mesmo

teor (7,6%) observado por Toledo et al. (2016) para esta cultivar sob 52 kg.ha⁻¹ de N (divididos no plantio e cobertura, 32 e 20 kg respectivamente).

Tabela 10. Teor de proteína bruta (%) de quatro cultivares de sorgo sob diferentes manejos da adubação nitrogenada.

Grupos	Cultivar	Adubação (kg.ha ⁻¹)			
		16	32	48	64
Granífero	50A50	8,99 a A	8,53 a A	9,00 a A	9,49 a A
	BRS310	8,73 a A	8,64 a A	8,81 a A	9,95 a A
Silageiro	BRS655	9,01 a A	8,95 a A	8,97 a A	9,04 a A
	SS318	8,53 a A	9,14 a A	8,76 a A	8,74 a A

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferiram significativamente segundo o teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

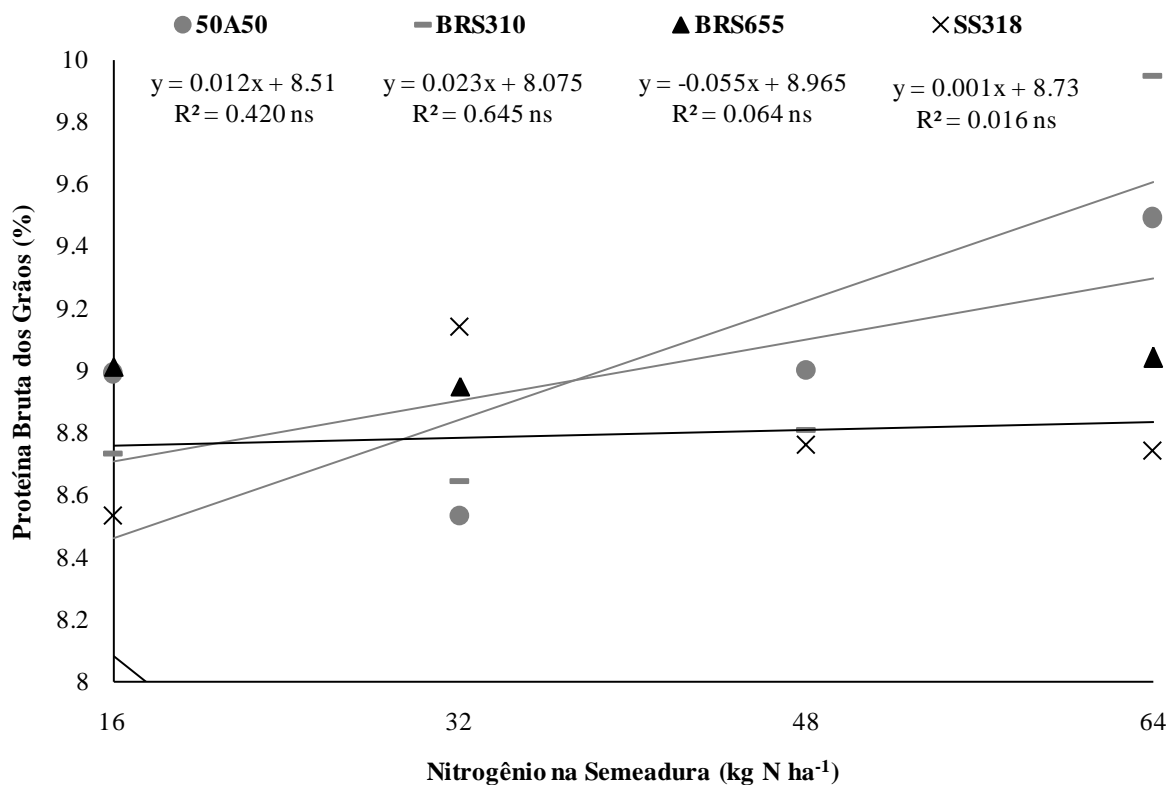


Figura 6 - Representação gráfica da equação de regressão para o teor de proteína bruta dos grãos de cultivares de sorgo 50A50, BRS 310, BRS655 e SS318 nos quatro manejos de adubação nitrogenada. *Significativo, a 5% de probabilidade.

Notou-se correlação positiva ($P < 0,01$) entre as doses e adubação no grupo granífero com o índice AtLeaf e com o teor de proteína bruta acumulado, ou seja, com o aumento das doses de adubação no plantio do grupo granífero ocorreu aumento do índice AtLeaf, bem como no acúmulo de proteína bruta nas cultivares deste grupo. Entretanto, para as doses de adubação no grupo silageiro foi observado correlação negativa com o índice AtLeaf ($P < 0,01$) e não significativa ($P > 0,05$) com o acúmulo de proteína bruta, assim, que com o aumento da dose de adubação no plantio do grupo silageiro ocorre uma diminuição do índice AtLeaf, sendo este aumento indiferente para o acúmulo de proteína bruta nas cultivares deste grupo. (Tabela 11). Devido à precocidade das cultivares de sorgo granífero em relação às do grupo silageiro, a absorção e acúmulo de N pelo sorgo granífero é maior nos estágios iniciais da cultura (ROSOLEM e MALAVOLTA, 1981; GOES et al., 2011). Além disso, aumento na dose da adubação nitrogenada no plantio proporciona maior produção de grãos do grupo granífero, o que não ocorre no grupo silageiro. Por apresentar maior teor de proteína bruta que o conjunto folhas+colmo, a panícula promove aumento progressivo no teor de proteína bruta da planta (NEUMANN et al., 2002), o que justifica a correlação positiva com o grupo granífero e não significativa com o grupo silageiro.

Tabela 11. Correlação de Pearson entre as adubações e índices AtLeaf e entre as adubações e proteína bruta dos grãos obtidos nos grupos granífero e silageiro.

Grupos	AtLeaf	Proteína Bruta
Adubação Grupo Granífero	0,76**	0,76**
Adubação Grupo Silageiro	-0,70**	0,21 ^{ns}

** : significativo, a 1% de probabilidade, pelo teste t. ^{ns}: Não significativo, a 1 e 5 % de probabilidade, pelo teste t.

4 CONCLUSÃO

O aumento da dose da adubação nitrogenada no plantio não tem efeito na produtividade de grãos do grupo silageiro, já para o grupo granífero a dose de 48 kg ha⁻¹ é a mais indicada. Apenas altura de plantas do grupo granífero é afetada pelo incremento de doses acima igual ou acima de 48 kg ha⁻¹. O índice AtLeaf, teor de proteína bruta, somatório em graus-dia e percentagem de matéria seca não são afetados pelo aumento do N no plantio independente do grupo de cultivar avaliado. O aumento de doses de N no plantio tem correlação positiva com o índice AtLeaf e proteína bruta no grupo granífero, já no grupo silageiro correlação negativa para o índice AtLeaf, o que indica manejos diferenciados desse nutriente em função do grupo de cultivares.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Este estudo foi financiado em parte pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código Financeiro 001.

Os autores agradecem a PRPq / UFMG e Laboratório de Bromatologia da Unimontes pela concessão de bolsas e apoio com as análises laboratoriais.

REFERÊNCIAS

- ALVES, V.M.C; VASCONCELOS, C.A; FREIRE, F.M; PITTA, G.V.E; FRANÇA, G.E. Sorgo. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. (Ed.). Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5ª aproximação. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p.291-292.
- BASYOUNI, R.; DUNN, B.L.; GOAD, C. Use of nondestructive sensors to assess nitrogen status in potted poinsettia (*Euphorbia pulcherrima* L. (Willd. ex Klotzsch)) production. **Scientia Horticulturae**, v. 192, n. 1, p. 47-53, 2015.
- BREDEMEIER, C.; MUNDSTOCK, C.M. Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas. **Ciência Rural**, v. 30, n. 2, 2000.
- CAVALLO, D.P.; CEFOLA, M.; PACE, B.; LOGRIECO, A.F.; ATTOLICO, G. Contactless and non-destructive chlorophyll content prediction by random forest regression: A case study on fresh-cut rocket leaves. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 140, n. 1, p. 303-310, ago. 2017.
- CHAVES, L. de K. A.; LIMA, L. dos S.; FONSECA, L. M.; SILVA, P. G. G. da; TONUCCI, R. G.; BUENO, L. G. Características agronômicas de variedades de *Sorghum bicolor* (L.) Moench em sistema agrossilvipastoril. In: Congresso Brasileiro de Agronomia. 30, 2017, Fortaleza. **Anais...** Sobral: Embrapa Caprinos e Ovinos, 2017.
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de grãos, Safra 2018/19 – Oitavo levantamento, Brasília, v. 6, n. 8, p. 1-135, mai. 2019.

- COSTA, R.F.; PIRES, D.A. de A.; MOURA, M.M.A.; SALES, E.C.J. de; RODRIGUES, J.A.S.; RIGUEIRA, J.P.S. Agronomic characteristics of sorghum genotypes and nutritional values of silage. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 38, n. 2, p. 127-133, 2016
- DUNN, B.L.; SINGH, H.; GOAD, C. Relationship between chlorophyll meter readings and nitrogen in poinsettia leaves. **Journal of Plant Nutrition**, v. 41, n. 12, p. 1566-1578, 2018.
- DUNN, B.L.; SINGH, H.; PAYTON, M.; KINCHELOE, S. Effects of nitrogen, phosphorus, and potassium on SPAD-502 and atLEAF sensor readings of Salvia. **Journal of Plant Nutrition**, v. 41, n. 13, p. 1674-1683, 2018.
- EMBRAPA. **Sorgo: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília: EMBRAPA, 2015, 327 p.
- FERNANDES, V.L.B.; NUNES, L.A.P.; MARIO FILHO, M.; SOUZA, V.L.; FERNANDES, M.B. Absorção e utilização de nitrogênio em planta de sorgo cultivado em solução nutritiva. **Ciência Agrônômica**, v. 22, n. 1, p. 89-96, 1991.
- FERREIRA, M. M. M.; FERREIRA, G. B.; FONTES, P. C. R.; DANTAS, J. P. Índice SPAD e teor de clorofila no limbo foliar do tomateiro em função de doses de nitrogênio e da adubação orgânica, em duas épocas de cultivo. **Revista Ceres**, v. 53, n. 305, p. 83-92, fev. 2006.
- FIDELIS, R.R. GONZAGA, L.A.M.; SILVA, R.R. da; ANDRADE, C.A.O. de; Desempenho produtivo e nutricional de sorgo forrageiro consorciado com soja em doses de nitrogênio. **Comunicata Scientiae: a horticulture jornal**, v. 7, n. 2, p. 204-208, 2016.
- GOES, R.J.; RODRIGUES, R.A.F.; ARF, O.; ARRUDA, O.G. de; VILELA, R.G. Fontes e doses de nitrogênio em cobertura, no sorgo granífero na safrinha. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 10, n. 2, p. 121-129, 2011.
- LEITE, G.T.; MARQUES, B.S.; SILVA, A.V.; GIUNTI, O.D.; VENTURA, P.H.S.; SILVA, A.R. da; SILVA, I.A.T.M. da. Características fitométricas do sorgo forrageiro ss318 cultivado na 2ª safra em diferentes densidades. *In: Jornada Científica e Tecnológica*, 6, 2014. Pouso Alegre. **Anais...** Pouso Alegre: IFSULDEMINAS, 2014.
- LYONS, S.E.; Ketterings, Q.M.; Godwin, G.S.; Cherney, D.J.; Cherney, J.H.; Meisinger, J.J.; Kilcer, T.F. Nitrogen Management of Brachytic Dwarf Brown Midrib Forage Sorghum in New York. **Soil Fertility and Crop Nutrition**, v. 111, n. 3, p. 1468-1477, 2019.
- MATEUS, G. P.; CRUSCIOL, C. A. C.; BORGHI, E.; PARIZ, C. M.; COSATA, C.; SILVEIRA, J. P. F. Adubação nitrogenada de sorgo granífero consorciado com capim em sistema de plantio direto. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.46, n.10, p.1161-1169, 2011.

NEUMANN, M.; RESTLE, J.; ALVES FILHO, D.C.; BERNARDES, R.A.C.; ARBOITE, M.Z.; CARDÓTES, L.; PRIXOTO, L. A. de O. Avaliação de Diferentes Híbridos de Sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench) quanto aos Componentes da Planta e Silagens Produzidas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 1, p. 302-312, 2002.

NOVICHONOK, E.V.; NOVICHONOK, A.O.; KURBATOVA, J.A.; MARKOVSKAYA, E.F. Use of the atLEAF+ chlorophyll meter for a nondestructive estimate of chlorophyll content. **Photosynthetica**, v. 54, n. 1, p. 130-137, 2016.

PINHO, R. G. V.; FIORINI, I. V. A.; SANTOS, A. O. Botânica. In: BORÉM, A.; PIMENTEL, L.; PARRELA, R. **SORGO: do plantio à colheita**. 1. ed. Viçosa: UFV, 2014. p. 37-57.

PINHO, R.G.V.; VASCONCELOS, R.C. de; BORGES, I.D.; REZENDE, A.V. Influência da altura de corte das plantas nas características agrônômicas e valor nutritivo das silagens de milho e de diferentes tipos de sorgo. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.5, n.2, p.266-279, 2006.

PINTO, O. R. de O.; AZEVEDO, B. M.; MARINHO, A. B.; FERNANDES, C. N. V.; VIANA, T. V. de A.; BRAGA, E. S. Adubação nitrogenada na cultura do sorgo granífero pelo método convencional e por fertirrigação. **Agropecuária Técnica**, v. 32, n. 1, p. 132-140, 2011.

ROSOLEM, C.A.; MALAVOLTA, E. Acumulação de matéria seca e macronutrientes pelo sorgo sacarino. **Anais da ESALQ**, v. 38, n. 1, p. 223-242, 1981.

SANTOS, R.F. dos; PLACIDO, H.F.; GARCIA, E.B.; CANTÚ, C.; ALBRECHT, A.J.P.; ALBRECHT, L.P.; FRIGO, K.D. de A. Sorgo sacarino na produção de agroenergia. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v.4, p. 01- 12, 2015.

SANTOS, G.R. dos; GAMA, F.R.; RODRIGUES, A.C.; BONIFÁCIO, A.; CARDON, C.H.; MOURÃO, D. de S.C. Severidade da antracnose e produtividade de sorgo granífero em resposta a doses crescentes de nitrogênio. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 4, p. 1070-1076, 2014.

SIMILI, F.F.; REIS, R.A.; FURLAN, B.N.; PAZ, C.C.P. de; LIMA, M.L.P.; BELLINGIERI, P.A. Resposta do híbrido de sorgo-sudão à adubação nitrogenada e potássica: composição química e digestibilidade in vitro da matéria orgânica. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 2, p. 474-480, 2008.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant Physiology**. Sunderland: Sinauer Associates, 2002. 792p.

TAVIAN, A.F.; FERREIRA, D. dos S.P.; SOUZA, A.P. de; RUSSO, L.; JARDIM, C.A.; FRANCO, C.F. Efeito da adubação nitrogenada no acúmulo de biomassa de sorgo forrageiro. **Ciência & Tecnologia: Fatec-JB**, v. 6, n. 1, p. 28-32, 2014.

ZANDONADI, C.H.S.; ALBUQUERQUE, C.J.B.; FREITAS, R.S. de. Chlorophyll index (SPAD) and macronutrients relation and productive performance of sorghum hybrids in different sowing dates. **Australian Journal of Crop Science**, v. 10, n.4, p. 546-555, 2016.

ZANDONADI, C. H. S.; LBUQUERQUE, C.J.B.; FREITAS, R.S.; CLEMENTE, M. A.; PAULA, A. D. M. . Macronutrients export and agronomic characteristics in grain sorghum hybrids in different sowing dates. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 1, p. 7-14, 2017.

ZANDONADI, C.H.S. **Chlorophyll content, nutrient export and agronomic performance of grain sorghum hybrids in different sowing times**. 2015. 74 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2015.

ZHENG, H.; LIU, Y.; QIN, Y.; CHEN, Y.; FAN, M. Establishing dynamic thresholds for potato nitrogen status diagnosis with the SPAD chlorophyll meter. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 14, n. 1, p. 190-195, 2015.