

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO - CAMPUS RIO VERDE PROGRAMA DE PÓS-
GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS - AGRONOMIA

**FONTES E DOSES DE NITROGÊNIO EM COBERTURA
NA CULTURA DO SORGO GRANIFERO NA SAFRINHA**

Autora: Maria Mirmes Paiva Goulart
Orientador: Prof. Dr. Alessandro Guerra da Silva
Coorientadora: Prof^ª. Dr^ª. Kátia Aparecida de Pinho Costa

Rio Verde - GO
Dezembro – 2016

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO - CAMPUS RIO VERDE PROGRAMA DE PÓS-
GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS - AGRONOMIA

**FONTES E DOSES DE NITROGÊNIO EM COBERTURA
NA CULTURA DO SORGO GRANIFERO NA SAFRINHA**

Autora: Maria Mirmes Paiva Goulart
Orientador: Prof. Dr. Alessandro Guerra da Silva
Coorientadora: Prof^ª. Dr^ª. Kátia Aparecida de Pinho Costa

Tese apresentada como parte das exigências
para obtenção do título de DOUTORA EM
CIÊNCIAS AGRÁRIAS - AGRONOMIA no
Programa de Pós-Graduação em Ciências
Agrárias - Agronomia do Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia Goiano –
Campus Rio Verde.

Rio Verde - GO
Dezembro – 2016

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

G694f Goulart, Maria Mirmes Paiva
Fontes e doses de nitrogênio em cobertura na cultura do sorgo granífero na safrinha / Maria Mirmes Paiva Goulart; orientador Alessandro Guerra da Silva; co-orientadora Kátia Aparecida de Pinho Costa. -- Rio Verde, 2016.
58 p.

Tese (Doutorado em Pós Graduação em Ciências Agrária - Agronomia) -- Instituto Federal Goiano, Câmpus Rio Verde, 2016.

1. Sorghum bicolor. 2. Rendimento de grãos. 3. Sucessão de culturas. 4. Nutrição mineral. I. Guerra da Silva, Alessandro, orient. II. de Pinho Costa, Kátia Aparecida, co-orient. III. Título.

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS
AGRÁRIAS-AGRONOMIA

**FONTES E DOSES DE NITROGÊNIO EM COBERTURA NA
CULTURA DO SORGO GRANIFERO NA SAFRINHA**

Autora: Maria Mirmes Paiva Goulart
Orientador: Prof. Dr. Alessandro Guerra da Silva

TITULAÇÃO: Doutorado em Ciências Agrárias-Agronomia – Área de
concentração em Produção Vegetal Sustentável no Cerrado

APROVADA em 14 de dezembro de 2016.

Prof. Dr. Itamar Rosa Teixeira
Avaliador externo
UEG – Goiânia/GO

Dr. Sérgio de Oliveira Procópio
Avaliador externo
Embrapa – Aracaju/SE

Dr. Guilherme Braga Pereira Braz
Avaliador externo
UEM – Maringá/PR

Prof^ª. Dra. Kátia Aparecida de Pinho
Costa
Avaliadora interna
IF Goiano – Campus Rio Verde

Prof. Dr. Alessandro Guerra da Silva
Presidente da banca
IF Goiano – Campus Rio Verde

AGRADECIMENTOS

Com o tempo aprendemos a real importância que cada um tem em nossas vidas, importância esta que não se pode deixar de agradecer profundamente, pois muito tem nos proporcionado a oportunidade de crescimento profissional e pessoal.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Alessandro Guerra da Silva, por muitas realizações, aprendizado, dedicação e paciência, pois este foi mais um desafio vencido com grande orgulho.

A minha coorientadora Prof.^a Dr.^a Kátia Aparecida de Pinho Costa pelo ensinamento e colaboração.

A minha família: Charles Barbosa Santos (marido), Benedito Goulart de Araújo (pai), Anita Paiva Goulart (mãe), Vânia Paiva Goulart (irmã) e Leidiana Paiva Goulart (irmã), Edson (cunhado), pelo apoio e carinho durante a realização deste trabalho.

Tenho toda gratidão ao Instituto Federal Goiano - campus Rio Verde, pelo apoio para condução do trabalho.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo auxílio financeiro na realização do trabalho.

A Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG), pela concessão da bolsa.

Ao Prof. Dr. Itamar Rosa Teixeira, Dr. Sérgio de Oliveira Procópio, Dr. Guilherme Braga Pereira Braz e a Prof.^a Dr.^a Kátia Aparecida de Pinho Costa, pela disponibilidade com que atendeu a solicitação para compor a comissão examinadora desta tese, aliada à valiosa contribuição com suas observações e sugestões.

A todos muito obrigada!

BIOGRAFIA DO AUTOR

Maria Mirmes Paiva Goulart, nascido em Rio Verde – GO, filha de Benedito Goulart de Araújo e Anita Paiva Goulart.

Agrônoma graduada pela Universidade de Rio Verde em 2006.

Especialista em Educação Ambiental pela Universidade da Cidade de São Paulo em 2013.

Mestre em Produção Vegetal pela Universidade de Rio Verde em 2009.

Ingressou no Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias-Agronomia do Instituto Federal Goiano Campus Rio Verde, no ano de 2013 e finalizando em 2016.

Atualmente, trabalha como Fiscal Estadual Agropecuário na Agência Goiana de Defesa Agropecuária do Estado de Goiás, deste o ano de 2010.

ÍNDICE GERAL

	Página
RESUMO	11
ABSTRAT.....	12
1.INTRODUÇÃO GERAL.....	13
2. OBJETIVO GERAL.....	17
3.CAPÍTULO 1.....	18
DOSES E FONTES DE NITROGÊNIO APLICADOS EM COBERTURA NA CULTURA DO SORGO GRANIFERO NA SAFRINHA.....	18
3.1 INTRODUÇÃO.....	19
3.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	20
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	23
3.4 CONCLUSÃO.....	34
3.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	34
4. CAPÍTULO 2.....	37
DOSES E FONTES DE NITROGÊNIO NA NUTRIÇÃO MINERAL DO SORGO.....	37
4.1 INTRODUÇÃO.....	38
4.2MATERIAL E MÉTODOS.....	39
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	42
4.4 CONCLUSÃO.....	54
4.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	54
5. CONCLUSÃO GERAL.....	58

ÍNDICE DE TABELAS

	Página
DOSES E FONTES DE NITROGÊNIO APLICADOS EM COBERTURA NA CULTURA DO SORGO GRANIFERO NA SAFRINHA	18
Tabela 1 Resultados da análise do solo nas camadas de 0-20 e 20-40 antes da semeadura do sorgo nas safrinhas de 2015 e 2016 do experimento de fontes e doses de nitrogênio aplicados na cultura do sorgo.....	21
Tabela 2. Resumo da análise de variância das características altura de planta 20DAA (AP20), altura de planta 40DAA (AP40), altura de planta final (APF), diâmetro de colmo 20DAA (DC20), diâmetro de colmo 40DAA (DC40), diâmetro de colmo final (DCF), população final (POPF), rendimento (REND), massa de mil grãos (MMG) e grãos por panícula (NGP) do ensaio de fontes e doses de nitrogênio aplicados na cultura do sorgo, na safrinha 2015 e 2016.....	25
Tabela 3 Valores médios de altura de planta aos 20 dias após a aplicação de N (AP20), altura de planta aos 40 dias após a aplicação de N (AP40), altura de planta final (APF) do ensaio de fontes e doses de nitrogênio aplicados na cultura do sorgo, na safrinha 2015 e 2016.....	26
Tabela 4 Valores médios de diâmetro de colmo aos 20 dias após a aplicação de N (DC20), diâmetro de colmo aos 40 dias após a aplicação de N (DC40), diâmetro de colmo final (DCF) do ensaio de fontes e doses de nitrogênio aplicados na cultura do sorgo, na safrinha 2015 e 2016.....	29
Tabela 5 Valores médios de população de plantas final (POPF), rendimento (REND), massa de mil grãos (M1000G) e grãos por panícula (GP) do ensaio de	

fontes e doses de nitrogênio aplicados na cultura do sorgo em sucessão, na safrinha 2015 e 2016.....	32
Tabela 6: Rentabilidade do uso de nitrogênio (RUN) do ensaio de fontes e doses de nitrogênio aplicados na cultura do sorgo, nas safrinhas de 2015 e 2016. Rio Verde-GO.....	33
DOSES E FONTES DE NITROGÊNIO NA NUTRIÇÃO MINERAL DO SORGO.....	37
Tabela 1 Resultados da análise do solo nas camadas de 0-20 e 20-40 antes da semeadura do sorgo nas safrinhas de 2015 e 2016 do experimento de fontes e doses de nitrogênio aplicados na cultura do sorgo.....	40
Tabela 2 Resumo da análise de variância das características avaliadas aos 20 dias após a aplicação de nitrogênio: nitrato (NIT20), amônio (AMO20), nitrogênio total (NTOTAL20), clorofila (CLOR20). Das avaliações realizadas aos 40 dias após a aplicação de nitrogênio: nitrato (NIT40), amônio (AMO40), nitrogênio total (NTOTAL40), clorofila (CLOR40). E na colheita: nitrogênio na folha (N FOLHA), nitrogênio no colmo (N COLMO), nitrogênio nos grãos (N GRÃOS) do ensaio de fontes e doses de nitrogênio aplicados na cultura do sorgo, nas safrinhas 2015 e 2016.....	43
Tabela 3 Valores médios de nitrato (NIT20), amônio (AMO20), nitrogênio total (NTOTAL) e clorofila (CLOR20) aos 20 dias após a aplicação de N do ensaio de fontes e doses de nitrogênio aplicados na cultura do sorgo, na safrinha 2015 e 2016.....	44
Tabela 4 Valores médios de nitrato (NIT40), amônio (AMO40), nitrogênio total (NTOTAL) e clorofila (CLOR40) aos 40 dias após a aplicação de N do ensaio de fontes e doses de nitrogênio aplicados na cultura do sorgo, na safrinha 2015 e 2016.....	48
Tabela 5 Valores médios de nitrogênio na folha (N FOLHA), nitrogênio no colmo (N COLMO), nitrogênio grão (N GRÃO) do ensaio de fontes e doses de nitrogênio aplicados na cultura do sorgo, na safrinha 2015 e 2016.....	51

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
DOSES E FONTES DE NITROGÊNIO APLICADOS EM COBERTURA NA CULTURA DO SORGO GRANIFERO NA SAFRINHA.....	18
Figura 1. Valores de temperatura média do ar e de precipitação coletadas na estação climatológica em Rio Verde-GO, durante a condução do experimento (Figura 1A e 1B, nas safrinhas de 2015 e 2016, respectivamente), Rio Verde-GO, 2016.....	22
Figura 2: Regressões ajustadas para as características altura de planta aos 20 dias após a aplicação de N (AP20), altura de planta aos 40 dias após a aplicação de N (AP40) e altura de planta final (APF) (Figuras 2A, 2B, 2C, 2D e 2E, nas safrinhas de 2015 e 2016) do sorgo granífero após aplicação de diferentes fontes e doses de nitrogênio, Rio Verde – GO.....	27
Figura 3 Regressões ajustadas para as características diâmetro de colmo aos 20 dias após a aplicação de N (DC20), diâmetro de colmo aos 40 dias após a aplicação de N (DC40) e diâmetro de colmo final (DCF) (Figuras 3A, 3B, 3C, 3D, 3E e 3F nas safrinhas de 2015 e 2016) do sorgo granífero após aplicação de diferentes fontes e doses de nitrogênio, Rio Verde – GO.....	30
Figura 4: Regressões ajustadas para as características rendimento (REND), massa de mil grãos (M1000G) e grãos por panícula (GP) (Figuras 4A, 4B, 4C, 4D, 4E e 4F nas safrinhas de 2015 e 2016) do sorgo granífero após aplicação de diferentes fontes e doses de nitrogênio, Rio Verde – GO.....	33
DOSES E FONTES DE NITROGÊNIO NA NUTRIÇÃO MINERAL DO SORGO.....	37

Figura 1. Valores de temperatura média do ar e de precipitação coletadas na estação climatológica em Rio Verde-GO, durante a condução do experimento (Figura 1A e 1B, nas safrinhas de 2015 e 2016, respectivamente), Rio Verde-GO, 2016.....	40
Figura 2 Regressões ajustadas para as características nitrato (NIT20), amônio (AMO20) (Figuras 2A, 2B, 2C, 2D, nas safrinhas de 2015 e 2016, respectivamente) do sorgo granífero após aplicação de diferentes fontes e doses de nitrogênio, Rio Verde – GO.....	45
Figura 3 Regressões ajustadas para as características nitrogênio total (NTOTAL) e clorofila (CLOR20) avaliados aos vinte dias após a aplicação de nitrogênio (Figuras 3A, 3B, 3C, 3D, nas safrinhas de 2015 e 2016, respectivamente) do sorgo granífero após aplicação de diferentes fontes e doses de nitrogênio, Rio Verde – GO.....	46
Figura 4 Regressões ajustadas para as características nitrato (NIT40), amônio (AMO40) avaliados aos quarenta dias após a aplicação de nitrogênio (Figuras 4A, 4B, 4C, 4D, nas safrinhas de 2015 e 2016, respectivamente) do sorgo granífero após aplicação de diferentes fontes e doses de nitrogênio, Rio Verde – GO.....	49
Figura 5 Regressões ajustadas para as características nitrogênio total (NTOTAL) e clorofila (CLOR40) avaliados aos quarenta dias após a aplicação de nitrogênio (Figuras 5A, 5B, 5C, 5D, nas safrinhas de 2015 e 2016, respectivamente) do sorgo granífero após aplicação de diferentes fontes e doses de nitrogênio, Rio Verde – GO.....	50
Figura 6 Regressões ajustadas para as características nitrogênio na folha (NFOLHA), nitrogênio no colmo (NCOLMO) avaliados na colheita (Figuras 6A, 6B, 6C, 6D, nas safrinhas de 2015 e 2016, respectivamente) do sorgo granífero após aplicação de diferentes fontes e doses de nitrogênio, Rio Verde – GO.....	52
Figura 7 Regressões ajustadas para as características nitrogênio nos grãos (NGRÃOS) (Figuras 7A, 7B nas safrinhas de 2015 e 2016, respectivamente) do sorgo granífero após aplicação de diferentes fontes e doses de nitrogênio, Rio Verde – GO.....	53

LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES

%	Porcentagem
DAA	Dias após a aplicação
DAS	Dias após a semeadura
kg	Kilograma
ha ⁻¹	Hectare
L	Litros
g	grama
mg	miligrama
N	Nitrogênio
NO ₃ ⁻	Nitrato
NH ₄ ⁺	Amônio
RUN	Rentabilidade uso do nitrogênio

RESUMO

GOULART, Maria Mirmes Paiva. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde – GO, Dezembro de 2016. **Fontes e doses de nitrogênio em cobertura na cultura do sorgo granífero na safrinha**. Orientador: Dr. Alessandro Guerra da Silva, Coorientadora: Dr^a. Kátia Aparecida de Pinho Costa.

Na região Centro-Oeste, a semeadura do sorgo é realizada em sucessão às culturas de verão, principalmente a soja. Para suprir as necessidades da planta em nitrogênio a adubação em cobertura se faz necessária. Uma vez que o residual de nitrogênio deixado no solo pela soja não é suficiente. Com isto, objetivou-se avaliar fontes e doses de nitrogênio aplicados em cobertura, na cultura do sorgo semeado na safrinha, bem como sua absorção pela planta. O ensaio foi conduzido a campo no município de Rio Verde-GO nas safrinhas de 2015 e 2016. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, em esquema fatorial 3x4+1, com quatro repetições, que corresponde a três fontes de nitrogênio (nitrato de amônio, ureia e ureia revestida) associadas a quatro doses de nitrogênio (30, 60, 90 e 120 kg ha⁻¹) e um tratamento controle adicional sem a aplicação de nitrogênio. O N foi aplicado em cobertura aos 40 dias após a semeadura. O híbrido utilizado foi o BRS 330. Foram avaliados altura de plantas, diâmetro de colmo, rendimento de grãos, massa de mil grãos, número de grãos por panícula, rentabilidade do uso do nitrogênio, amônio, nitrato, nitrogênio total, clorofila, nitrogênio na folha, colmo e grãos. As doses de 90 e 120 kg ha⁻¹ de nitrato de amônio, ureia e ureia revestida (safrinha 2015 e 2016, respectivamente) proporcionaram os maiores rendimentos. O rendimento, a massa de mil grãos, o número de grãos por panícula, a população de plantas, o diâmetro de colmo e a altura de plantas aumentaram em função da aplicação de nitrogênio. A dose de 90 kg ha⁻¹ de ureia proporcionou maior rentabilidade ao produtor em condições ambientais favoráveis. Em condições com baixa precipitação a dose de 120 kg ha⁻¹ trouxe maior rentabilidade. Além disto, os teores de clorofila aumentaram com as doses de N nos dois anos avaliados. A maior concentração de N foi verificada na maior dose na fonte nitrato de amônio, nos dois anos de avaliação. Os grãos de sorgo acumularam mais nitrogênio que o colmo e as folhas.

PALAVRAS-CHAVE: *Sorghum bicolor*, Rendimento de grãos, Sucessão de culturas, Nutrição mineral.

ABSTRACT

GOULART, Maria Mirmes Paiva. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – *Campus* Rio Verde – GO. December, 2016. **Sources and doses of nitrogen in coverage of the sorghum crop in the off-season.** Advisor: Dr. Alessandro Guerra da Silva. Coadvisor: Dr^a. Kátia Aparecida de Pinho Costa.

In the Midwest, sowing of sorghum is carried out in succession of summer crops, mainly soybeans. To meet the needs of the plant in nitrogen the fertilization in cover is necessary, since the residual of nitrogen left in the soil by the soybean is not enough. The objective of this study was to evaluate the sources and doses of nitrogen applied in the cover in the sorghum crop, as well as its absorption by the plant. The experiment was conducted in a field in the municipality of Rio Verde-GO in the off-season of 2015 and 2016. The experimental design was a randomized block design, in a 3x4 + 1 factorial scheme, with four replications, corresponding to three nitrogen sources (30, 60, 90 and 120 kg ha⁻¹) and an additional control treatment without the application of nitrogen. N was applied on the cover at 40 days after sowing. The hybrids used were BRS 330. Plant height, stem diameter, plant population, grain yield, one thousand grain mass, number of grains per panicle, yield of nitrogen, ammonium, nitrate, total nitrogen, Chlorophyll, nitrogen in leaf, stem and grains were evaluated. The doses of 90 and 120 kg ha⁻¹ of ammonium nitrate, urea and coated urea (Safrinha 2015 and 2016, respectively) provided the highest yields. The yield, the mass of a thousand grains, the number of grains per panicle, the plant population, stem diameter and height of plants increased as a function of the nitrogen application. The dose of 90 kg ha⁻¹ of urea gave higher yields to the producer under favorable environmental conditions. In conditions with low precipitation, the dose of 120 kg ha⁻¹ brought greater profitability. In addition, chlorophyll content increased with N rates in the two evaluated years. The highest concentration of N was verified at the highest dose at the ammonium nitrate source in the two years of evaluation. The sorghum grains accumulated more nitrogen than the stem and the leaves.

KEY WORDS: *Sorghum bicolor*, Grain yield, Succession crop, Mineral nutrition.

1. INTRODUÇÃO GERAL

O sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) é um dos cereais mais flexíveis quanto ao seu uso. Sendo utilizado como alimento humano e animal, matéria-prima para produção de álcool, tintas, açúcar, bebidas e também como forragem na nutrição de ruminantes (DICKO et al., 2006, LYUMUGABE et al., 2012). No Brasil, o principal uso é para a produção de ração animal.

Na região centro-oeste do Brasil, seu cultivo é exclusivamente na safrinha logo após a soja, sendo ótima opção de renda para o produtor (SILVA et al., 2015). A planta de sorgo adapta-se bem a ampla variação de ambientes e produz sob condições desfavoráveis aos outros cereais. O sorgo possui ótima conversão de água em matéria seca e possui mecanismos bioquímicos e morfológicos que fazem dele tolerante a seca (MAGALHÃES et al., 2009). Sendo sua semeadura flexível em comparação com outras espécies cultivadas na safrinha (PALE et al., 2003).

Em geral, a produção nacional de sorgo é considerada baixa, por ser uma cultura manejada com baixo uso de tecnologia e aproveitando a fertilidade residual das culturas de verão (RIBAS, 2014), prática muito utilizada pelos produtores. Mas, o sorgo responde bem à adubação, podendo superar produtividades de grãos normalmente obtidas pela cultura do milho (RESENDE et al., 2009).

O nitrogênio geralmente é o nutriente exigido em maior quantidade pelas plantas (EPSTEIN, BLOOM, 2004). No sorgo, é um dos elementos mais acumulado no colmo e folhas e quase totalmente translocado para os grãos (ALBUQUERQUE et al., 2013). Sua absorção pelas plantas proporciona grandes incrementos no crescimento vegetativo. Além de fazer parte de componentes da célula vegetal, incluindo aminoácidos, proteínas e ácidos nucleicos (TAIZ, ZEIGER, 2013).

Ao atingir o segundo estágio de crescimento a planta de sorgo se desenvolve mais rápido, devido ao alongamento dos entrenós e a expansão das folhas, com isto o nível de nitrogênio do solo influenciam as taxas de divisão e alongamento, acelerando o ritmo de crescimento e a capacidade da superfície fotossintética (PINHO et al., 2014). Nesta fase, a adubação de cobertura com fontes de N contribuem com o bom desenvolvimento da planta e conseqüentemente para o aumento do rendimento de grãos. Mas a deficiência de N afeta o desenvolvimento da planta, como a altura, o diâmetro do caule, o número de folhas e a área foliar (FONSECA et al., 2008).

Devido as diversas transformações do N no solo e aos fatores que interferem na absorção pela planta também a sua mobilidade, sua recomendação é complexa (SOUSA, LOBATO, 2004). A planta absorve N em duas formas como nitrato (NO_3^-) ou amônio (NH_4^+) e sua disponibilidade no solo depende das transformações do N no solo que podem levar a perdas por lixiviação ou volatilização (CANTARELLA, 2007), que causam prejuízos econômicos e ambientais.

Entre as fontes de nitrogênio disponíveis no mercado destaca-se a ureia que possui 46% de N, na forma amídica, que é rapidamente hidrolisada no solo a amônio pela enzima urease, sendo prontamente absorvida pela planta (CANTARELLA, 2007). Mas as perdas de N por volatilização é a principal desvantagem do uso desta fonte. Para diminuir estas perdas, tem-se usado o revestimento por polímeros que reduz a volatilização da amônia pela liberação lenta do N no solo, sendo esta fonte a ureia revestida. Já o nitrato de amônio possui 33% de N metade na forma de nitrato e a outra de amônio (YAMADA et al., 2007).

Como ainda são poucas as informações sobre a adubação nitrogenada aplicada na cultura do sorgo, semeado na safrinha na região Centro-Oeste, há necessidade de maiores informações, sobretudo no que diz respeito à melhor fonte e dose a ser aplicada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, C. J. B.; CAMARGO, R. C.; SOUZA, M. F. Extração de macronutrientes no sorgo granífero em diferentes arranjos de plantas. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.12, n.1, p. 10-20, 2013.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo**. 1 ed. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Viçosa-MG. 2007 p. 375-470.

DICKO, M. H.; GRUPPEN, H.; TRAORÉ, A. S.; VORAGEN, A. G. J.; VAN BERKEL, W. J.H. Sorghum grain as human food in Africa: relevance of content of starch and amylase activities. **African Journal of Biotechnology**, v. 5, n. 5, p. 384-395, 2006.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. Londrina: Editora Planta, 2004. 403p.

FONSECA, I. M.; PRADO, R. M.; ALVES, A. U.; GONDIM, A. R. O. Crescimento e nutrição do sorgo (cv. BRS 304) em solução nutritiva. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, v. 8, n. 2, p. 113-124, 2008.

LYUMUGABE, L.; GROS, J.; NZUNGIZE, J.; BAJYANA, E.; THONART, P. Characteristics of African traditional beers brewed with sorghum malt: a review. **Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement; Gembloux**, v. 16, n. 4, p. 509-530, 2012.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES F. O. M.; RODRIGUES, J. A. S. Ecofisiologia. In: RODRIGUES, J. A. S. (Ed.). **Cultivo do sorgo**. 5. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2009.

PALE, S.; MASON, S. C.; GALUSHA, T. D. Planting time for early-season pearl millet and grain sorghum in Nebraska. **Agronomy Journal**, v.95, n.4, p.1047-1053, 2003.

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

RESENDE, A. V.; COELHO, A. M.; RODRIGUES, J. A. S.; SANTOS, F. C. **Adubação maximiza o potencial produtivo do sorgo**. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo 2009. 7. (Circular Técnica, 119).

RIBAS, P. M. Origem e importância econômica. In: BORÉM, A.; PIMENTEL, L.; PARRELLA, R. **Sorgo do plantio à colheita**. 1ed. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2014, p. 09-36.

SILVA, A. G.; FRANCISCHINI, R.; GOULART, M. M. P. Desempenho agrônomico e econômico de híbridos de sorgo Granífero na safrinha em Montividiu-Go. **Revista de Agricultura**, v.90, n.1, p. 17-30, 2015.

SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. **Cerrado correção do solo e adubação**. 2 ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004.

TAIZ L.; ZEIGER E. **Fisiologia vegetal**. 5ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918p.

YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S.; VITTI, G. C. **Nitrogênio e enxofre na agricultura brasileira**. Piracicaba, IPNI Brasil, 2007. 722p.

2. OBJETIVO GERAL

Avaliar fontes e doses de nitrogênio aplicada em cobertura na cultura do sorgo cultivado na safrinha, bem como sua absorção pela planta.

3. CAPÍTULO 1

DOSES E FONTES DE NITROGÊNIO APLICADOS EM COBERTURA NA CULTURA DO SORGO GRANIFERO NA SAFRINHA

RESUMO: A cultura do sorgo vem tendo cada vez mais importância no mercado nacional, principalmente na substituição do milho nas rações para animais. Mesmo assim, os investimentos com adubação ainda são realizados de forma insuficiente, principalmente em relação a adubação nitrogenada, visto que o sorgo é cultivado logo após a cultura da soja. Assim, objetivou-se avaliar fontes e doses de nitrogênio (N) aplicados na cultura do sorgo granífero cultivado na safrinha. O trabalho foi realizado no município de Rio Verde-GO, nas safrinhas de 2015 e 2016. O delineamento utilizado foi o de blocos ao acaso, em esquema fatorial 3x4+1, com quatro repetições, sendo três fontes de N (nitrato de amônio, ureia e ureia revestida) associadas a quatro doses de N (30, 60, 90 e 120 kg ha⁻¹) e um tratamento controle adicional sem a aplicação de nitrogênio. O nitrogênio foi aplicado em cobertura aos 40 dias após a semeadura. As doses de 90 e 120 kg ha⁻¹ de nitrato de amônio, ureia e ureia revestida (safrinha 2015 e 2016, respectivamente) proporcionaram os maiores rendimentos. O rendimento, a massa de mil grãos, o número de grãos por panícula, o diâmetro de colmo e a altura de plantas aumentaram em função da aplicação de nitrogênio. A dose de 90 kg ha⁻¹ de ureia proporcionou maior rentabilidade ao produtor em condições ambientais favoráveis. Em condições com baixa precipitação a dose de 120 kg ha⁻¹ trouxe maior rentabilidade.

PALAVRAS-CHAVE: *Sorghum bicolor*, Adubação, Rendimento de grãos, Sucessão de culturas.

LEVELS AND SOURCES OF NITROGEN APPLIED IN COVERAGE IN THE CULTURE OF SORGO GRANIFERO IN OFF-SEASON

ABSTRACT: The sorghum crop has been increasingly important in the national market, mainly in the substitution of corn in animal feeds. Even so, investments with fertilization are still insufficiently performed, mainly in relation to nitrogen fertilization, since the sorghum is cultivated soon after the soybean cultivation. The aim of this study was to evaluate nitrogen (N) sources and rates applied to the crop of the sorghum cultivated in the second crop. The work was carried out in the municipality of Rio Verde-GO, in the off-season of 2015 and 2016. The design was a randomized block design, in a 3x4 + 1 factorial scheme, with four replicates, three N sources (ammonium nitrate, urea and coated urea) associated with four doses of N (30, 60, 90 and 120 kg ha⁻¹) and an additional control treatment without the application of nitrogen. Nitrogen was applied on the cover at 40 days after sowing. The doses of 90 and 120 kg ha⁻¹ of ammonium nitrate, urea and coated urea (off-season 2015 and 2016, respectively) provided the highest yields. The yield, the mass of a thousand grains, the number of grains per panicle, stem diameter and height of plants increased as a function of the nitrogen application. The dose of 90 kg ha⁻¹ of urea gave higher yields to the producer under favorable environmental conditions. In conditions with low precipitation, the dose of 120 kg ha⁻¹ brought greater profitability.

KEY WORDS: *Sorghum bicolor*, Fertilization, Grain yield, Succession crop.

3.1 INTRODUÇÃO

A cultura do sorgo está se expandindo cada vez mais pelo Brasil, principalmente pelo crescimento dos setores da suinocultura e avicultura que utilizam os grãos de sorgo na fabricação de suas rações.

A planta de sorgo possui características importantes como a tolerância a deficiência hídrica e a adaptabilidade a diversos tipos de ambientes (DAN et al. 2010; CYSNE, PITOMBEIRA, 2012). Isso permite flexibilidade na implantação da safrinha. Estas características aliada a eficiência energética, fazem do sorgo uma ótima opção para o cultivo em regiões com baixa disponibilidade de chuvas como na região Centro-Oeste na época do plantio da segunda safra (SILVA et al., 2015).

Para que os híbridos de sorgo venham a atingir todo o seu potencial produtivo o manejo da cultura deve ser realizado de forma correta, principalmente em relação a nutrição mineral, em especial à adubação nitrogenada. O nitrogênio (N) é o nutriente mineral acumulado em maior quantidade pelas plantas de sorgo (SANTI et al., 2006).

Faz parte de componentes da célula vegetal, incluindo aminoácidos, proteínas e ácidos nucleicos (TAIZ; ZEIGER, 2013). Mas, sua recomendação é complexa, pela dinâmica das transformações no N no solo, sua mobilidade e os fatores que influenciam seu aproveitamento pelas plantas, além de causar prejuízos econômicos e ambientais se mal usado (SOUSA; LOBATO, 2004).

No mercado, estão disponíveis para a comercialização várias fontes de N, sendo importante o conhecimento em relação a melhor fonte e dose a ser utilizada na cultura do sorgo, para que a planta possa expressar ao máximo seu potencial produtivo. A principal fonte nitrogenada utilizada é a ureia, mas sua aplicação em condições de deficiência hídrica reduz significativamente sua eficiência (SORRATO et al., 2010). Isto acontece pelas perdas da amônia por volatilização, que podem atingir valores acima de 50% do N aplicado (TASCA et al., 2011).

Para diminuir as perdas do N para o sistema, encontra-se no mercado os fertilizantes de liberação lenta, como a ureia revestida. Que libera o N para as plantas de forma lenta por um período de tempo, aumentando a eficiência dos fertilizantes e diminuindo as transformações do N que leva as suas perdas (CANTARELLA, 2007a).

Outra fonte de N encontrada no mercado é o nitrato de amônio, que possui as duas formas (nítrica e amoniacal) de N absorvidas pela planta. É excelente alternativa para ser aplicado em solos com baixa taxa de nitrificação por apresentar quantidades iguais de amônio e nitrato. Mas, seu transporte e armazenamento são controlados, por ser utilizado na fabricação de explosivos, assim há a perspectiva que este fertilizante tenha sua participação no mercado cada vez menor (CANTARELLA, 2007b).

Para adquirir mais informações sobre a influência que o N exerce sobre a cultura do sorgo, objetivou-se avaliar fontes e doses de N aplicados em cobertura na cultura do sorgo granífero semeado em safrinha em condições de cerrado.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos a campo (17°47'24,5"S; 50°57'41,7"W e 769 m de altitude) no município de Rio Verde-GO nas safrinhas de 2015 e 2016 em Latossolo Vermelho distrófico, cultivado em sistema plantio direto tendo como cultura anterior a soja.

Antes da implantação dos experimentos, foram coletadas amostras do solo na camada de 0-20 e 20-40 cm para determinação das características químicas e física do solo apresentadas na tabela 1.

Tabela 1 Resultados da análise do solo nas camadas de 0-20 e 20-40 antes da semeadura do sorgo nas safrinhas de 2015 e 2016 do experimento de fontes e doses de nitrogênio aplicados na cultura do sorgo.

Características	2015		2016	
	0-20(cm)	20-40 (cm)	0-20 (cm)	20-40 (cm)
pH (CaCl ₂)	6,07	6,08	6,02	6,00
Al ³⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,0	0,0	0,05	0,05
P Mehlich-1 (mg dm ⁻³)	4,69	3,00	1,18	0,12
K ⁺ (mg dm ⁻³)	188,00	75,00	173,00	59,00
Ca ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	4,50	3,38	3,86	1,65
Mg (cmol _c dm ⁻³)	1,80	1,60	1,03	0,65
H+Al (cmol _c dm ⁻³)	3,80	2,60	3,50	2,10
CTC (cmol _c dm ⁻³)	9,31	6,82	8,87	4,51
MO (g kg ⁻¹)	24,80	15,30	24,00	14,20
Argila (g Kg ⁻¹)	0,48	0,48	0,48	0,48
Silte (g Kg ⁻¹)	0,12	0,13	0,12	0,13
Areia (g Kg ⁻¹)	0,40	0,39	0,40	0,39

As variações de temperatura média do ar e precipitação durante a condução do ensaio estão apresentadas na Figuras 1A e 1B.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, em esquema fatorial 3x4+1, com quatro repetições, que correspondem a três fontes de nitrogênio (nitrato de amônio, ureia e ureia revestida (com aditivo de uréase e redutor de volatilidade) associadas a quatro doses de nitrogênio (30, 60, 90 e 120 kg ha⁻¹) e um tratamento controle adicional sem a aplicação de nitrogênio. O N foi aplicado em cobertura aos 40 dias após a semeadura (DAS) em ambos anos agrícolas, quando a planta de sorgo se encontrava na etapa de crescimento 2. As parcelas foram constituídas de sete linhas de semeadura espaçadas em 0,50m com 5,0 m de comprimento, sendo a área útil obtida considerando as três linhas centrais, eliminando 0,5 m de cada extremidade.

O híbrido utilizado foi o BRS 330 (granífero, sem tanino de coloração vermelha dos grãos). No primeiro ano (2015), o sorgo foi semeado em 13 de fevereiro, sendo 11 sementes/m e com adubação de semeadura correspondente a 320 kg ha⁻¹ (08-20-18). Após 30 DAS foi realizada uma aplicação de inseticida (clorpirifós) (480g ha⁻¹) com uso do pulverizador tratorizado com 150 L ha⁻¹ de volume de calda, para o controle de

Spodoptera frugiperda. No segundo ano (2016), a semeadura foi realizada em 15 de março, sendo 11 sementes/m e com adubação de semeadura de 300 kg ha⁻¹ (08-20-18).

Aos 25 e 45 DAS foram realizadas aplicações de inseticida (clorpirifós 480g ha⁻¹ e Tiametoxam + Lambda-cialotrina 42,3g + 31,80g ha⁻¹, respectivamente) com uso do pulverizador tratorizado com 200 L ha⁻¹ de calda para o controle de *Spodoptera frugiperda*.

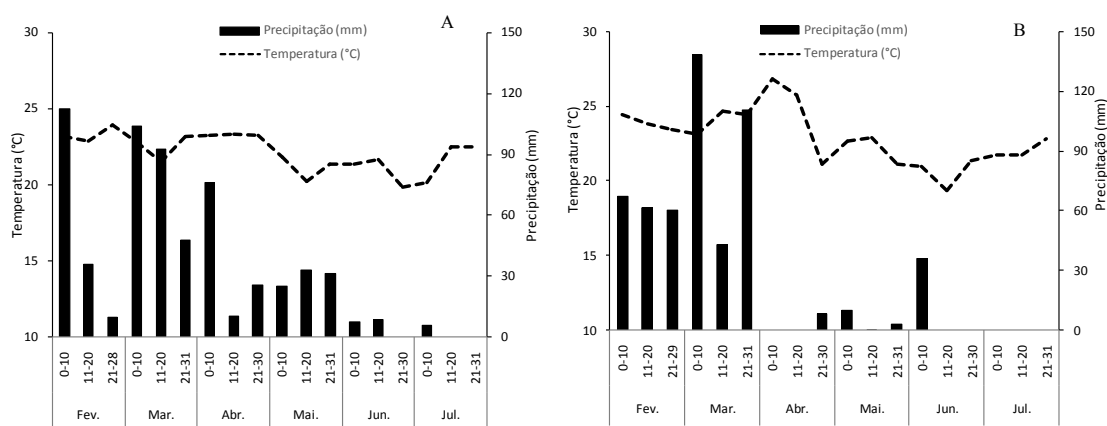


FIGURA 1. Valores de temperatura média do ar e de precipitação coletadas na estação climatológica em Rio Verde-GO, durante a condução do experimento (Figura 1A e 1B, nas safrinhas de 2015 e 2016, respectivamente), Rio Verde-GO, 2016.

Aos 20 e 40 dias após a aplicação (DAA) de N foram avaliados altura de plantas (medição da altura do colo até a extremidade da planta em dez plantas contínuas), e o diâmetro de colmo (pelo uso do paquímetro, medindo a 5 cm no nível do solo em dez plantas contínuas). Na colheita, foram avaliados altura de planta (medição do colo até a extremidade da panícula em dez plantas contínuas), diâmetro de colmo final (usando o paquímetro em dez plantas contínuas). Após a colheita foram avaliados o rendimento de grãos (debulha da panícula com posterior pesagem dos grãos, com correção da umidade para 13%, convertendo os dados para kg ha⁻¹), massa de mil grãos (pesagem de mil grãos, em gramas, corrigindo a umidade para 13%) e contagem do número de grãos por panícula (média do número de grãos em dez panículas).

Na avaliação da rentabilidade do uso do nitrogênio (RUN), para identificar a fonte e doses que possibilitam maiores rendimentos e lucratividade, em relação a não aplicação de N, levou-se em consideração o valor de venda da saca de 60 kg de grãos de sorgo, o custo da aquisição do adubo (CAA) e a dose utilizada, calculado pela expressão (MATSUNAGA et al., 1976):

$$\text{RUN} = ((Y_{(i)} - Y_{(\text{controle})}/60) \times \text{VC}) - ((\text{CAA} \times \text{DOSE}) + \text{COT})$$

Nesta expressão tem-se:

$Y_{(i)}$: rendimento de grãos, em kg ha^{-1} , do híbrido (i);

$Y_{(\text{controle})}$: rendimento de grãos, em kg ha^{-1} , do tratamento controle;

VC: valor de comercialização da saca do sorgo;

CAA: custo aquisição do adubo (tonelada), em R\$;

DOSE: dose total utilizada.

COT: custo operacional total, em R\$ ha^{-1} .

No ano de 2015, o nitrato de amônio, a ureia e a ureia revestida foram comercializadas a R\$ 1.220,00, R\$ 1.360,00 e R\$ 1.540,00, respectivamente, e a saca do sorgo no mês de agosto foi comercializada a R\$17,00. Em 2016, o nitrato de amônio, a ureia e a ureia revestida comercializadas a R\$ 1.070,00, R\$ 1.175,00 e R\$ 1.325,00, respectivamente, e a saca do sorgo no mês de agosto foi comercializada a R\$ 32,00. Para a realização do cálculo usou-se um custo operacional na aplicação do adubo de R\$ 25,00 para os dois anos.

Os dados foram submetidos a análise de variância (exceto a análise de rentabilidade) quando constatada significância para os efeitos de Fontes de N empregou-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade (usando o programa Sisvar), e o de Dunnett no mesmo nível de probabilidade (usando o programa Assistat) para comparar o efeito das fontes em relação ao tratamento controle. Na análise do fator doses utilizou-se análise de regressão (usando o programa Sisvar).

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância não mostrou efeito significativo da interação fontes e doses de N. Entretanto, houve efeito significativo entre as fontes de N para as variáveis diâmetro de colmo aos 40 dias após a aplicação de N, diâmetro de colmo final, população de plantas final e número de grãos por panícula no primeiro ano do trabalho e para altura de planta aos 40 dias após a aplicação de N no segundo ano (Tabela 1). Entre as doses de N foi encontrado significância para todas as variáveis analisadas exceto altura de planta aos 20 dias após a aplicação de N no primeiro ano do experimento e população de plantas final, no primeiro e segundo ano do experimento. Ao comparar os

tratamentos com a testemunha foi encontrado efeito significativo para altura de planta aos 40 dias após a aplicação de N e final, diâmetro de colmo aos 40 dias após aplicação de N e final, rendimento e número de grãos por panícula no primeiro ano de ensaio e altura de planta aos 20 e 40 dias após a aplicação de N e final, diâmetro de colmo aos 20 e 40 dias após a aplicação de N, rendimento, massa de mil grãos e número de grãos por panícula no segundo ano (Tabela 2).

As fontes de N testadas não influenciaram a altura das plantas de sorgo aos 20 dias após sua aplicação nos dois anos de avaliações (Tabela 3). Entretanto, as doses contribuíram com o crescimento das plantas, em comportamento linear, em que a maior dose apresentou maior altura de planta (Figura 2A), no segundo ano do trabalho. Neste mesmo ano, pode-se destacar a dose de 120 kg ha⁻¹ de nitrato de amônio e ureia apresentaram as maiores alturas em comparação com o tratamento controle (Tabela 3). A falta do N reduz significativamente o desenvolvimento das plantas, afetando diretamente a altura de planta (PRADO et al., 2007), assim a aplicação de N contribui com as características de crescimento e desenvolvimento da planta independente da fonte utilizada.

Aos 40 dias após a aplicação de N, houve diferença significativa entre as fontes apenas no segundo ano do experimento e a ureia e ureia revestida contribuíram com a altura das plantas (Tabela 3). Ajuste quadrático foi encontrado para as doses no primeiro ano do experimento em que na média a dose de 98,33 kg ha⁻¹ apresentou maior altura (Figura 2B). No segundo ano, houve crescimento linear e a dose de 120 kg ha⁻¹ apresentou a maior altura de planta (Figura 2C). No primeiro ano, todos os tratamentos foram superiores ao controle, o que também aconteceu no segundo ano, exceto para as doses de 30, 60 e 90 kg ha⁻¹ de nitrato de amônio e 30 kg ha⁻¹ de ureia revestida (Tabela 3).

Nas avaliações de altura de planta final, não foi observada significância entre as fontes utilizadas. Ajuste quadrático foi encontrado para altura de planta final no primeiro ano, e a dose 100 kg ha⁻¹ proporcionou plantas maiores (Figura 2D), o que não aconteceu no segundo ano, em que foi observado um comportamento linear e a maior dose apresentou maior altura de plantas (Figura 2E).

Tabela 2. Resumo da análise de variância das características altura de planta 20DAA (AP20), altura de planta 40DAA (AP40), altura de planta final (APF), diâmetro de colmo 20DAA (DC20), diâmetro de colmo 40DAA (DC40), diâmetro de colmo final (DCF), rendimento (REND), massa de mil grãos (MMG) e grãos por panícula (NGP) do ensaio de fontes e doses de nitrogênio aplicados na cultura do sorgo, na safrinha 2015 e 2016.

F.V.	AP20	AP40	APF	DC20	DC40	DCF	REND	M1000G	GP
--- Safrinha 2015 ---									
Fontes (F)	ns	ns	ns	ns	**	**	ns	ns	**
Doses (D)	ns	**	*	**	**	**	**	*	**
F x D	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Trat.xTest	ns	**	**	ns	**	**	**	ns	*
C.V. (%)	7,26	2,17	2,84	9,34	3,29	2,96	6,50	3,53	7,65
--- Safrinha 2016 ---									
Fontes (F)	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Doses (D)	**	**	**	*	*	**	*	*	*
F X D	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Trat.xTest	**	**	**	*	**	*	**	*	**
C.V. (%)	7,61	5,13	3,14	7,03	5,78	6,05	20,43	6,96	23,79

**,*,ns: Significativo a 1 e 5% de probabilidade e não significativo, respectivamente, pelo teste F.

No primeiro ano, todos os tratamentos foram superiores ao controle, o que também aconteceu no segundo ano, exceto para as doses de 30 kg ha⁻¹ de nitrato de amônio (Tabela 3).

Tabela 3 Valores médios de altura de planta aos 20 dias após a aplicação de N (AP20), altura de planta aos 40 dias após a aplicação de N (AP40), altura de planta final (APF) do ensaio de fontes e doses de nitrogênio aplicados na cultura do sorgo, na safrinha 2015 e 2016.

Fontes de N	Doses de N (kg ha ⁻¹)				Médias
	30	60	90	120	
AP20 (cm) --- Safrinha 2015 ---					
NA	75,00	77,00	78,00	80,00	77,00
UE	74,00	76,00	77,00	79,00	77,00
UR	73,00	75,00	77,00	79,00	76,00
Médias	74,00	76,00	77,00	79,00	
Controle	73,00				
--- Safrinha 2016 ---					
NA	36,90	39,65	40,35	40,90 *	39,45
UE	37,00	38,60	39,10	40,55 *	38,81
UR	38,45	38,85	39,75	40,00	39,26
Médias	37,45	39,03	39,73	40,48	
Controle	33,97				
AP40 (cm) --- Safrinha 2015 ---					
NA	144*	145*	146*	147*	146
UE	142*	143*	145*	147*	145
UR	141*	144*	148*	148*	146
Médias	143	145	146	147	
Controle	120				
--- Safrinha 2016 ---					
NA	66,13	69,00	70,00	72,53*	69,41 b
UE	74,48*	75,80*	76,06*	79,15*	76,37 a
UR	69,80	73,86*	75,40*	76,90*	73,99 a
Médias	70,13	72,88	73,82	76,19	
Controle	63,75				
APF (cm) --- Safrinha 2015 ---					
NA	144*	145*	147*	147*	146
UE	143*	145*	145*	148*	145
UR	142*	144*	148*	148*	145
Médias	143	145	145	148	
Controle	120				
--- Safrinha 2016 ---					
NA	90,05	91,35*	92,85*	93,76*	92,00
UE	91,80*	92,00*	93,05*	94,15*	92,75
UR	92,35*	92,90*	93,15*	95,75*	93,53
Médias	91,40	92,08	93,01	94,55	
Controle	85,05				

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

*Médias diferem significativamente pelo teste de Dunnet a 5% de probabilidade em relação a testemunha.

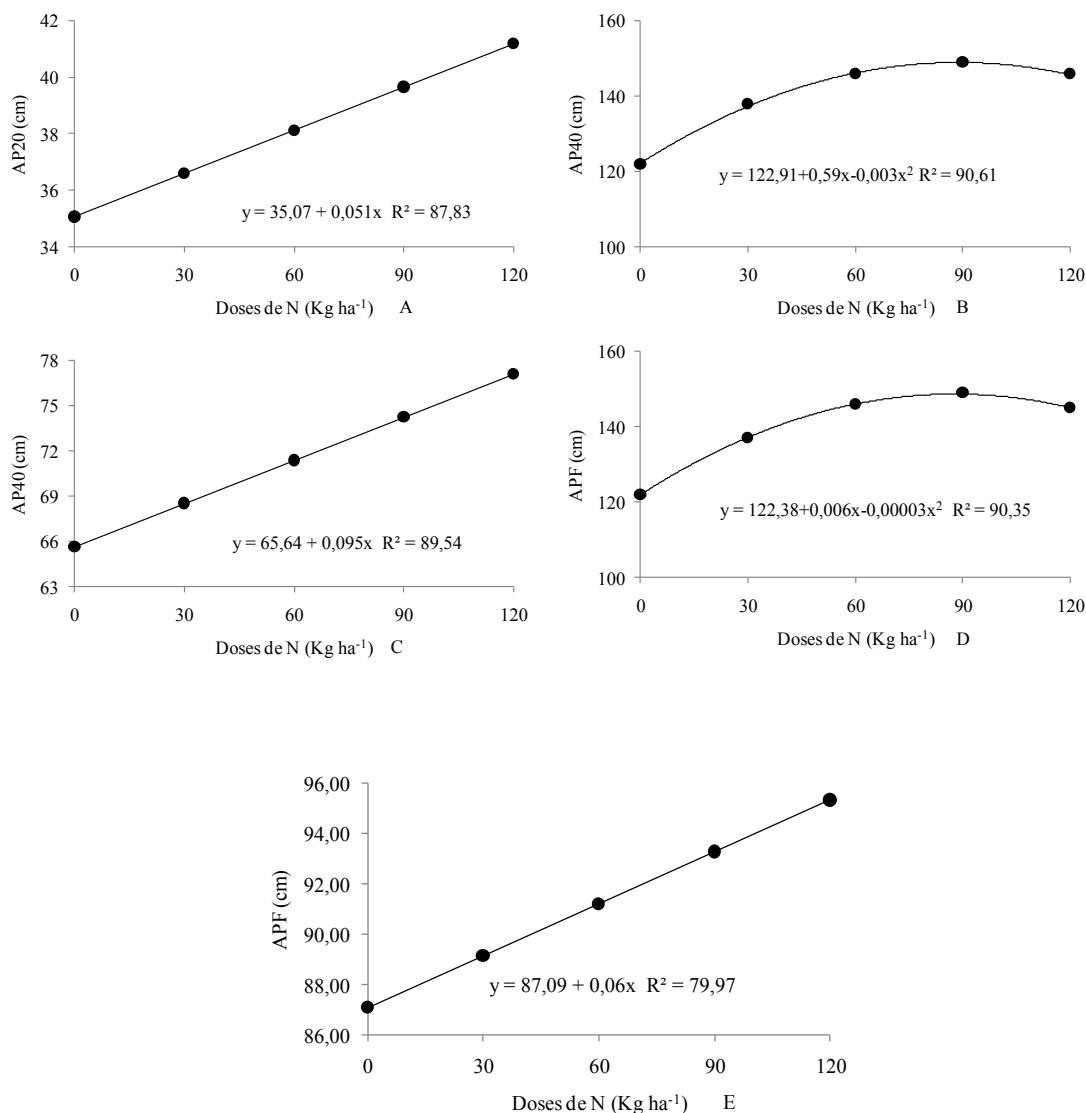


Figura 2: Regressões ajustadas para as características altura de planta aos 20 dias após a aplicação de N (AP20), altura de planta aos 40 dias após a aplicação de N (AP40) e altura de planta final (APF) (Figuras 2A, 2B, 2C, 2D e 2E, nas safrinhas de 2015 e 2016) do sorgo granífero após aplicação de diferentes fontes e doses de nitrogênio, Rio Verde – GO.

Destaca-se que a falta de água é a causa mais comum na redução da expansão celular na qual está relacionada com a altura das plantas (PINHO et al., 2014). No primeiro ano do ensaio, em que as chuvas foram favoráveis ao desenvolvimento da cultura (Figura 1A) os resultados de altura de planta final foram superiores aos encontrados por Fonseca et al. (2008), que apresentaram valores de 113,1 cm para altura de plantas. E, semelhantes aos encontrados por Pereira et al. (2014). No segundo ano do

trabalho, as plantas apresentaram menores alturas por causa do baixo índice pluviométrico durante a condução do trabalho (Figura 1B).

Nas avaliações de diâmetro de colmo, aos 20 dias após a aplicação de N, não foram encontradas diferenças significativa entre as fontes utilizadas nos dois anos do experimento (Tabela 4). Entretanto, entre as doses constatou-se resultado linear crescente também nos dois anos de realização do trabalho (Figuras 3A e 3B). Comparando os tratamentos com o controle apenas a dose 120 kg ha⁻¹ se destacou no segundo ano do experimento. Observa-se que a aplicação de nitrogênio contribuiu para que a planta de sorgo apresente maior diâmetro de colmo, característica importante para evitar o acamamento das plantas que diminui o rendimento de grãos.

Aos 40 dias após a aplicação de N, as fontes nitrato de amônio e ureia revestida apresentaram maiores valores de diâmetro de colmo em relação a ureia (Tabela 4). Também foi possível observar aumento dos valores de diâmetro de colmo com o aumento das doses aplicadas, em dois anos de avaliação (Figura 3C e 3D). Em contrapartida as doses de 30 e 60 kg ha⁻¹ de ureia no primeiro ano do ensaio e 30 kg ha⁻¹ de nitrato de amônio e ureia e 30 e 60 kg ha⁻¹ de ureia revestida no segundo ano, não contribuíram com o aumento do diâmetro de colmo aos 40 dias após a aplicação de N, quando comparado ao tratamento controle (Tabela 4).

Na avaliação de diâmetro de colmo, realizada antes da colheita dos grãos de sorgo o nitrato de amônio e a ureia revestida, contribuíram para maiores diâmetros de colmo em relação a ureia no primeiro ano do ensaio (Tabela 4). Na média geral, o diâmetro de colmo aumentou de acordo com o aumento das doses de N, nos dois anos do trabalho (Figura 3E e 3F). Os tratamentos avaliados contribuíram para o aumento do diâmetro do colmo quando comparado ao controle, exceto as doses 30 e 60 kg ha⁻¹ de ureia no primeiro ano do trabalho e a dose 30 kg ha⁻¹ em todas as fontes utilizadas no segundo ano do trabalho.

De modo geral, a aplicação de N aumenta o diâmetro de colmo das plantas de sorgo. Resultados semelhantes foram encontrados por Pereira et al. (2014), em que o diâmetro do colmo variou de 1,87 cm (testemunha) a 2,20 cm (média dos tratamentos), sendo um incremento de 17,6% em relação a testemunha sem a adubação de N.

Tabela 4 Valores médios de diâmetro de colmo aos 20 dias após a aplicação de N (DC20), diâmetro de colmo aos 40 dias após a aplicação de N (DC40), diâmetro de colmo final (DCF) do ensaio de fontes e doses de nitrogênio aplicados na cultura do sorgo, na safrinha 2015 e 2016.

Fontes de N	Doses de N (kg ha ⁻¹)				Médias
	30	60	90	120	
DC20 (mm) --- Safrinha 2015 ---					
NA	19,34	19,55	19,78	20,28	19,73
UE	18,68	18,94	19,24	20,00	19,21
UR	18,29	19,50	19,67	20,11	19,39
Médias	18,77	19,33	19,56	20,13	
Controle	17,15				
--- Safrinha 2016 ---					
NA	16,93	17,07	18,20	19,73*	17,98
UE	17,52	17,70	17,08	18,25	17,63
UR	17,20	17,94	18,01	18,65	17,95
Médias	17,21	17,57	17,76	18,88	
Controle	16,40				
DC40 (mm) --- Safrinha 2015 ---					
NA	20,02*	20,41*	20,97*	21,37*	20,69 a
UE	18,81	19,26	19,94*	20,47*	19,62 b
UR	19,64*	19,83*	20,83*	20,14*	20,36 a
Médias	19,49	19,83	20,58	20,99	
Controle	17,91				
--- Safrinha 2016 ---					
NA	18,11	20,22*	20,41*	21,21*	19,98
UE	17,76	20,41*	20,89*	21,16*	20,05
UR	17,85	19,93	20,21*	21,17*	19,79
Médias	17,91	20,19	20,50	21,18	
Controle	17,04				
DCF (mm) --- Safrinha 2015 ---					
NA	20,21*	20,53*	20,97*	21,45*	20,79 a
UE	18,87	19,20	20,15*	20,47*	19,69 b
UR	19,64*	19,89*	20,83*	21,14*	20,38 a
Médias	19,57	19,89	20,65	21,02	
Controle	18,06				
--- Safrinha 2016 ---					
NA	18,58	21,18*	21,34*	21,59*	20,67
UE	18,84	22,40*	22,75*	22,92*	21,73
UR	18,56	21,90*	21,37*	23,08*	21,23
Médias	18,66	21,55	21,82	22,53	
Controle	17,91				

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

*Médias diferem significativamente pelo teste de Dunnet a 5% de probabilidade em relação a testemunha.

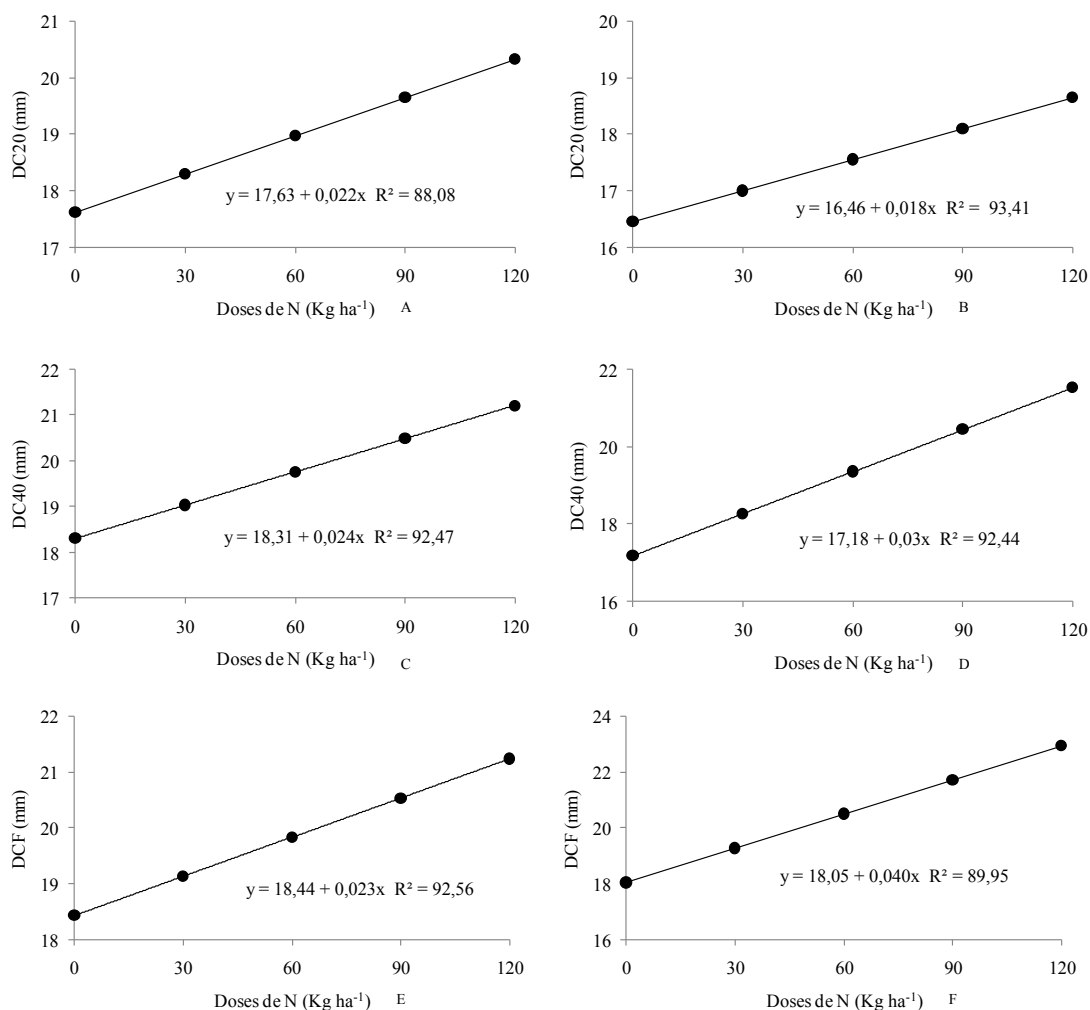


Figura 3 Regressões ajustadas para as características diâmetro de colmo aos 20 dias após a aplicação de N (DC20), diâmetro de colmo aos 40 dias após a aplicação de N (DC40) e diâmetro de colmo final (DCF) (Figuras 3A, 3B, 3C, 3D, 3E e 3F nas safrinhas de 2015 e 2016) do sorgo granífero após aplicação de diferentes fontes e doses de nitrogênio, Rio Verde – GO.

O rendimento de sorgo não foi influenciado pelas diferentes fontes analisadas, nos dois anos de avaliação (Tabela 5). As doses avaliadas influenciaram o rendimento de grãos de sorgo de forma linear nas safrinhas de 2015 e 2016 (Figura 4A e 4B). Todos os tratamentos avaliados foram superiores ao tratamento controle, exceto as doses 30 e 60 kg ha⁻¹ de ureia revestida no segundo ano do trabalho.

Na safrinha de 2016, houve menor volume de precipitação em relação a 2015 (Figuras 1A e 1B), isto resultou em menores rendimentos. Mesmo assim, a média do trabalho foi superior à média nacional (1.866 Kg ha⁻¹; Conab, 2016). O efeito do N no acréscimo de rendimento de grãos pode ser atribuído a aplicação do mineral, pois a planta apresenta maior demanda de N para sintetizar carboidratos levando a maiores

rendimentos de grãos (TAIZ; ZEIGER, 2013), principalmente em condições com maior disponibilidade de chuvas (safrinha de 2015). Visto que a umidade do solo intensifica a ação dos microorganismos e conseqüentemente aumenta a mineralização do N orgânico presente na matéria orgânica do solo (CANTARELA, 2007c).

A massa de mil grãos não foi influenciada pelas fontes de N (Tabela 5). Mas, as doses de N, proporcionaram incremento na massa de mil grãos de sorgo nos dois anos de avaliação (Figura 4C e 4D). Apenas a dose 120 kg ha⁻¹ apresentou significância em relação ao tratamento controle. Estes resultados permitem inferir que mesmo em condições de restrição hídrica (Figura 1B), o N auxiliou no aumento da massa de mil grãos, contribuindo para melhorar o rendimento de grãos, como observado na safrinha de 2016. Estes resultados, são semelhantes aos de outros trabalhos de pesquisa com nitrogênio aplicado no sorgo granífero (GOES et al., 2011; PEREIRA et al., 2014).

Na avaliação de número de grãos por panícula, a ureia revestida foi superior ao nitrato de amônio e a ureia (Tabela 5). As doses também influenciaram o número de grãos por panícula (Figura 4E e 4F). No primeiro ano de avaliação apenas as doses 90 e 120 kg ha⁻¹ de ureia revestida foram significativamente superiores ao tratamento controle. Já no segundo ano, as doses de 30 kg ha⁻¹ de nitrato de amônio e ureia revestida e 60 kg ha⁻¹ de ureia revestida não diferiram do tratamento controle.

Observa-se que no segundo ano do trabalho a planta de sorgo produziu menos grãos, em relação ao primeiro ano, isto pode ser justificado pela menor disponibilidade de água na fase de enchimento de grãos do sorgo (Figura 1B), que limita o transporte de fotoassimilados do colmo para os grãos, visto que a água é o transportador dos fotoassimilados na planta (TAIZ; ZEIGER, 2013). Como consequência tem-se a má granação e esterilidade das espiguetas do sorgo (FORNASIERI FILHO; FORNASIERI, 2009).

A aplicação de N no sorgo apresentou maior rentabilidade nos dois anos de cultivo, mesmo com condições climáticas diferentes (Figura 1). Em 2016, mesmo com baixa precipitação a aplicação de N proporcionou retornos econômicos para todas as doses e fontes utilizadas (Tabela 6). Destaca-se os valores obtidos com a dose 30 kg ha⁻¹, de ureia no primeiro ano e 120 kg ha⁻¹ de ureia revestida no segundo ano apresentaram os melhores valores.

Tabela 5 Valores médios de rendimento (REND), massa de mil grãos (M1000G) e grãos por panícula (GP) do ensaio de fontes e doses de nitrogênio aplicados na cultura do sorgo, na safrinha 2015 e 2016.

Fontes	30	60	90	120	Médias
REND (kg ha ⁻¹) ----- Safrinha 2015-----					
NA	4893*	4994*	5098*	5294*	5070
UE	5092*	5146*	5206*	5384*	5207
UR	4971*	5134*	5166*	5193*	5116
Médias	4985	5091	5157	5290	
Controle		4182			
----- Safrinha 2016-----					
NA	2135*	2178*	2317*	2329*	2240
UE	2081*	2130*	2357*	2360*	2232
UR	1440	1890	2233*	2476*	2010
Médias	1885	2066	2302	2388	
Controle		1157			
M1000G (g) ---- Safrinha 2015 -----					
NA	19,61	19,82	20,02	20,28	19,93
UE	19,58	19,76	19,80	20,60	19,94
UR	19,56	19,91	20,24	20,54	20,06
Médias	19,58	19,83	20,02	20,47	
Controle		19,70			
----- Safrinha 2016 -----					
NA	28,61	29,32	29,39	32,53*	29,96
UE	28,86	29,16	29,41	31,43	29,71
UR	30,26	30,40	30,68	31,24	30,65
Médias	29,25	29,62	29,83	21,73	
Controle		27,84			
GP ----- Safrinha 2015 -----					
NA	10.462	11.142	12.981	13.324	11.977 b
UE	11.989	12.109	12.647	12.590	12.334 b
UR	12.158	12.847	13.963*	14.598*	13.392 a
Médias	11.536	12.033	13.197	13.504	
Controle		11.279			
----- Safrinha 2016 -----					
NA	4.729	5.289*	5.792*	5.831*	5.410
UE	5.252*	5.296*	5.327*	5.758*	5.408
UR	4.501	4.892	6.044*	7.070*	5.627
Médias	4.827	5.159	5.721	6.220	
Controle		2.472			

Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

*Médias diferem significativamente pelo teste de Dunnet a 5% de probabilidade em relação a testemunha.

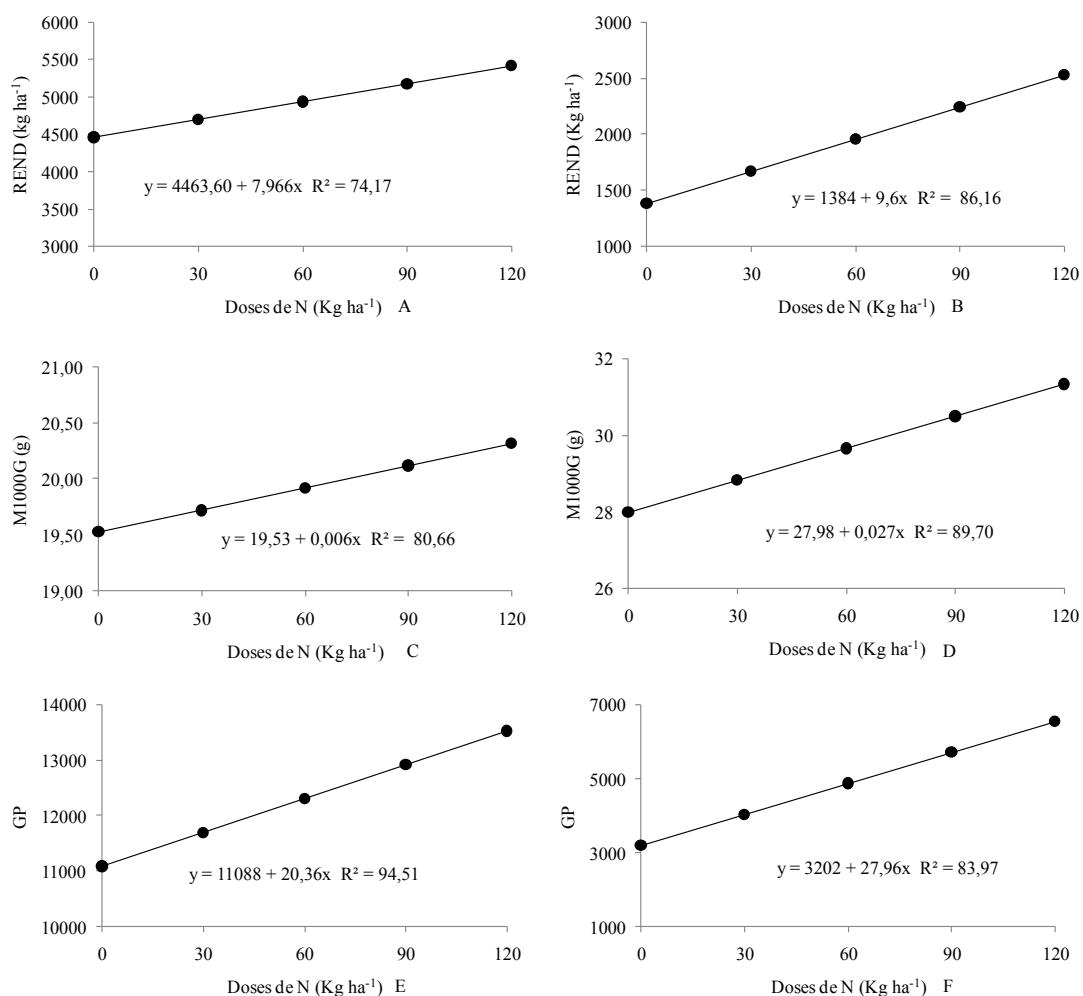


Figura 4: Regressões ajustadas para as características rendimento (REND), massa de mil grãos (M1000G) e grãos por panícula (GP) (Figuras 4A, 4B, 4C, 4D, 4E e 4F nas safrinhas de 2015 e 2016) do sorgo granífero após aplicação de diferentes fontes e doses de nitrogênio, Rio Verde – GO.

Tabela 6: Rentabilidade do uso de nitrogênio (RUN) do ensaio de fontes e doses de nitrogênio aplicados na cultura do sorgo, nas safrinhas de 2015 e 2016. Rio Verde-GO

Fontes	30	60	90	120
RUN (R\$ ha ⁻¹) ---- Safrinha 2015-----				
NA	139,85	131,80	124,73	143,66
UE	192,03	166,53	142,73	152,36
UR	152,35	152,33	115,20	76,65
----- Safrinha 2016-----				
NA	464,50	455,33	497,36	471,60
UE	432,55	423,43	509,25	457,60
UR	86,18	286,43	429,61	519,46

Vale ressaltar que em 2016 o custo do adubo estava mais baixo que no ano anterior e o preço de comercialização da saca de sorgo estava maior. Mas, houve atraso da colheita da soja que também influenciou a semeadura da safrinha, sendo o sorgo

semeado no mês de março, pois para se obter rendimentos satisfatórios do sorgo, deve-se dar preferência à antecipação da época de semeadura (PALE et al., 2003). Mesmo com todos os problemas ocorridos no ano agrícola de 2016, a aplicação de nitrogênio na cultura do sorgo se mostra favorável por proporcionar maior rentabilidade no momento da venda do grão de sorgo.

3.4 CONCLUSÕES

As doses de 90 e 120 kg ha⁻¹ de nitrato de amônio, ureia e ureia revestida (safrinha 2015 e 2016, respectivamente) proporcionaram os maiores rendimentos.

O rendimento, a massa de mil grãos, o número de grãos por panícula, a população de plantas, o diâmetro de colmo e a altura de plantas aumentaram em função da aplicação de nitrogênio.

A dose de 90 kg ha⁻¹ de ureia proporcionou maior rentabilidade ao produtor em condições ambientais favoráveis. Em condições com baixa precipitação a dose de 120 kg ha⁻¹ trouxe maior rentabilidade.

3.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CANTARELLA, H. Uso de inibidor da urease para aumentar a eficiência da ureia. In: IPNI –International Plant Nutrition Institute, **Informações Agronômicas** INPI, n. 117, p. 13, 2007a.

CANTARELLA, H. Uso eficiente de fertilizantes nitrogenados: Uso eficiente de nitrogênio em novos fertilizantes no Brasil. **Informações Agronômicas** IPNI, n.120, p.12-13, 2007b.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo**. 1 ed. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Viçosa-MG. 2007c p. 375-470.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira**: grãos, décimo segundo levantamento, setembro. Brasília: CONAB, 2016. 29 p.

CYSNE, J. R. B.; PITOMBEIRA, J. B. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de sorgo granífero em diferentes ambientes do estado do Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 2, p. 273-278, 2012.

DAN, H. A.; CARRIJO, M. S.; CARNEIRO, D. F.; COSTA, K. A. P.; SILVA, A. G. Desempenho de plantas sorgo granífero sobre condições de sombreamento. **Acta Scientiarum-Agronomy**, v. 32, n. 4, p. 675-679, 2010.

FONSECA, I. M.; PRADO, R. M.; ALVES, A. U.; GONDIM, A. R. O. Crescimento e nutrição do sorgo (cv. BRS 304) em solução nutritiva. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, v. 8, n. 2, p. 113-124, 2008.

FORNASIERI FILHO, D.; FORNASIERI, J. L. **Manual da cultura do sorgo**. Jaboticabal: FUNEP. 2009. 202 p.

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.

MATSUNAGA, M.; BEMELMANS, P. F.; TOLEDO, P. E. N. **Metodologia de custo de produção utilizada pelo IEA**. Agricultura em São Paulo, São Paulo, v.23, n. 1, p. 123-139, 1976.

PALE, S.; MASON, S. C.; GALUSHA, T. D. Planting time for early-season pearl millet and grain sorghum in Nebraska. **Agronomy Journal**, v. 95, n. 4, p. 1047-1053. 2003.

PEREIRA, R. G.; OLIVEIRA, F. H. T. de; SILVA, G. F. da; PAIVA, M. R. de F. C.; NOVO JÚNIOR, J. Rendimento do sorgo granífero adubado com nitrogênio e fósforo no semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.13, n.3, p. 285-299, 2014.

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

PRADO, R. M.; ROMUALDO, L. M.; ROZANE, D. E. Omissão de macronutrientes no desenvolvimento e no estado nutricional de plantas de sorgo (cv. BRS 3010) cultivadas em solução nutritiva. **Científica**, v. 35, n. 2, p. 122-128, 2007.

SANTI, A.; CAMARGOS, S. L.; PEREIRA, W. L. M.; SCARAMUZZA, J. F. Deficiências de macronutrientes em sorgo (*Sorghum bicolor*). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, p. 228- 233, 2006.

SILVA, A. G.; FRANCISCHINI, R.; GOULART, M. M. P. Desempenho agrônômico e econômico de híbridos de sorgo granífero na safrinha em montividiu-GO. **Revista de Agricultura**, v.90, n.1, p. 17-30, 2015.

SORATTO, R. P.; PEREIRA, M.; COSTA, T. A. M.; LAMPERT, V. N. Fontes alternativas e doses de nitrogênio no milho safrinha em sucessão à soja. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 41, p. 511-518, 2010.

SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. **Cerrado correção do solo e adubação**. 2 ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004.

TASCA, F. A.; ERNANI, P. R.; ROGERI, D. A.; GATIBONI, L. C.; CASSOL, P. C. Volatilização de amônia do solo após a aplicação de ureia convencional ou com inibidor de urease. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 35, p. 493-502, 2011.

TAIZ L.; ZEIGER E. **Fisiologia vegetal**. 5ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918p.

4. CAPITULO 2

DOSES E FONTES DE NITROGÊNIO NA NUTRIÇÃO MINERAL DO SORGO

RESUMO: O nitrogênio é um elemento essencial para a cultura do sorgo, mas muitas vezes, a quantidade natural disponível no solo não supre as necessidades da planta, tornando a utilização de fertilizantes químicos fundamental para obtenção de maiores rendimentos. Sendo assim objetivou-se avaliar fontes e doses de nitrogênio na nutrição do sorgo, por meio de avaliações de N na parte aérea da planta. O trabalho foi realizado no município de Rio Verde-GO, nas safrinhas de 2015 e 2016. O delineamento utilizado foi o de blocos ao acaso, em esquema fatorial 3x4+1, com quatro repetições, sendo três fontes de N (nitrato de amônio, ureia e ureia revestida) associadas a quatro doses de N (30, 60, 90 e 120 kg ha⁻¹) e um tratamento controle adicional sem a aplicação de nitrogênio. O nitrogênio foi aplicado em cobertura aos 40 dias após a semeadura. Aos 20 e 40 dias após a adubação de cobertura foi avaliado o teor de amônio, nitrato, nitrogênio total e clorofila nas folhas, além da determinação do N nas folhas, colmo e grãos. Os teores de clorofila aumentaram com as doses de N, nos dois anos avaliados. A maior concentração de N foi verificada na maior dose na fonte nitrato de amônio, nos dois anos de avaliação. Os grãos de sorgo acumularam mais nitrogênio que o colmo e as folhas.

PALAVRES-CHAVE: *Sorghum bicolor*. Adubação. Clorofila. Nutrição mineral. Nitrato. Amônio.

ABSTRACT: Nitrogen is an essential element for sorghum cultivation, but often the natural amount available in the soil does not meet the needs of the plant, making the use of chemical fertilizers essential for higher yields. The objective of this study was to evaluate the effect of nitrogen (N) sources and rates in sorghum nutrition evaluating N amounts in the aerial part of the plant. The work was carried out in the municipality of Rio Verde-GO, in the crops of 2015 and 2016. The design was a randomized block design, in a 3x4 + 1 factorial scheme, with four replicates, three N sources (ammonium

nitrate, urea and coated urea) associated with four doses of N (30, 60, 90 and 120 kg ha⁻¹) and an additional control treatment without the application of nitrogen. Nitrogen was applied on the cover at 40 days after sowing. At 20 and 40 days after the cover fertilization, the levels of ammonium, nitrate, total nitrogen and chlorophyll in the leaves were evaluated, as well as the determination of N in leaves, stalk and grains. Chlorophyll content increased with N rates in the two evaluated years. The highest concentration of N was verified at the highest dose at the ammonium nitrate source in the two years of evaluation. The sorghum grains accumulated more nitrogen than the stem and the leaves.

KEY WORDS: *Sorghum bicolor*. Fertilizing. Chlorophyll. Mineral nutrition. Nitrate. Ammonium.

4.1 INTRODUÇÃO

O sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) granífero está entre os cereais mais produzidos no mundo, e, além da produção de grãos também podem ser utilizados para a produção de farinha para panificação, amido industrial e bebida (LYUMUGABE et al., 2012). No Brasil, é utilizado na fabricação de ração para aves, suínos e bovinos, pela necessidade em reduzir custos na alimentação dos animais (RIBAS, 2014). Com o aumento das agroindústrias na região Centro-Oeste e a substituição do milho pelo sorgo nas rações para animais, tem crescido a demanda por grãos de sorgo principalmente nesta região diminuindo o custo de produção dos animais, visto que os grãos de sorgo tem menor custo de mercado em comparação ao milho.

Na região centro-oeste do Brasil o sorgo granífero é cultivado na safrinha em sucessão a soja, sendo ótima opção de renda para o produtor (SILVA et al., 2015). A escolha dos produtores pelo sorgo deve-se principalmente pela sua tolerância a seca, permitindo ampliar a época de semeadura, já que nesta região as chuvas diminuem com o desenvolvimento da cultura e o milho não atinge patamares satisfatórios de rendimentos de grãos (FORNASIERI FILHO et al., 2009; RAMOS JÚNIOR et al., 2013, PARRELLA, et al., 2014). Em geral a produção nacional do sorgo é considerada baixa, e entre os principais fatores responsáveis pela baixa produção destacam-se as precipitações irregulares, fertilidade do solo e as baixas aplicações de fertilizantes (AGUIAR et al., 2007).

Como o sorgo é semeado logo após a soja, que é uma leguminosa, que em simbiose com bactérias fixadoras de N, deixam no solo para a cultura posterior uma

quantidade de N disponível (CANTARELLA, 2007), os produtores rurais não têm o hábito de fazer adubação de N em cobertura no sorgo na safrinha. A ausência desta prática prejudica o bom desempenho dos híbridos que necessitam de N para obter altos rendimentos de grãos (PINTO et al., 2011). O N é essencial para o crescimento das plantas, faz parte de processos importantes e está presente em aminoácidos, amidas, proteínas, ácidos nucleicos e vários processos metabólicas (EPSTEIN; BLOOM, 2004). Mas, deficiências de nitrogênio são comuns em solos tropicais pela lixiviação, volatilização, erosão do solo e remoção pelas culturas (CANTARELLA, 2007). Plantas de sorgo cultivadas em solos com baixos teores de N tem seu desenvolvimento prejudicado, afetando a formação de folhas, altura de plantas e o diâmetro do caule, além de diminuir o acúmulo de massa seca na parte aérea e na raiz (PRADO et al., 2007).

Visando atender a demanda por informações a cerca da adubação nitrogenada na cultura do sorgo, objetivou-se avaliar fontes e doses de nitrogênio na nutrição do sorgo por meio de avaliações de N na parte aérea da planta.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos a campo ($17^{\circ}47'24,5''S$; $50^{\circ}57'41,7''W$ e 769 m de altitude) no município de Rio Verde-GO nas safrinhas de 2015 e 2016 em Latossolo Vermelho distrófico, cultivado em sistema plantio direto tendo como cultura anterior a soja.

Antes da implantação dos experimentos, foram coletadas amostras do solo na camada de 0-20 e 20-40 cm para determinação das características químicas e física do solo apresentadas na tabela 1.

As variações de temperatura média do ar e precipitação durante a condução do ensaio estão apresentadas na Figuras 1A e 1B.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, em esquema fatorial $3 \times 4 + 1$, com quatro repetições, que correspondem a três fontes de nitrogênio (nitrato de amônio, ureia e ureia revestida (com aditivo de uréase e redutor de volatilidade) associadas a quatro doses de nitrogênio (30, 60, 90 e 120 kg ha^{-1}) e um tratamento controle adicional sem a aplicação de nitrogênio. O N foi aplicado em

cobertura aos 40 dias após a semeadura (DAS) em ambos anos agrícolas, quando a planta de sorgo se encontrava na etapa de crescimento 2. As parcelas foram constituídas de sete linhas de semeadura espaçadas em 0,50m com 5,0 m de comprimento, sendo a área útil obtida considerando as três linhas centrais, eliminando 0,5 m de cada extremidade.

Tabela 1 Resultados da análise do solo nas camadas de 0-20 e 20-40 antes da semeadura do sorgo nas safrinhas de 2015 e 2016 do experimento de fontes e doses de nitrogênio aplicados na cultura do sorgo.

Características	2015		2016	
	0-20 (cm)	20-40 (cm)	0-20 (cm)	20-40 (cm)
pH (CaCl ₂)	6,07	6,08	6,02	6,00
Al ³⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,0	0,0	0,05	0,05
P Mehlich-1 (mg dm ⁻³)	4,69	3,00	1,18	0,12
K ⁺ (mg dm ⁻³)	188,00	75,00	173,00	59,00
Ca ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	4,50	3,38	3,86	1,65
Mg (cmol _c dm ⁻³)	1,80	1,60	1,03	0,65
H+Al (cmol _c dm ⁻³)	3,80	2,60	3,50	2,10
CTC (cmol _c dm ⁻³)	9,31	6,82	8,87	4,51
MO (g kg ⁻¹)	24,80	15,30	24,00	14,20
Argila (g Kg ⁻¹)	0,48	0,48	0,48	0,48
Silte (g Kg ⁻¹)	0,12	0,13	0,12	0,13
Areia (g Kg ⁻¹)	0,40	0,39	0,40	0,39

O híbrido utilizado foi o BRS 330 (granífero, sem tanino de coloração vermelha dos grãos). No primeiro ano (2015), o sorgo foi semeado em 13 de fevereiro, sendo 11 sementes/m e com adubação de semeadura correspondente a 320 kg ha⁻¹ (08-20-18). Após 30 DAS, foi realizada uma aplicação de inseticida (clorpirifós) (480g ha⁻¹) com uso do pulverizador tratorizado com 150 L ha⁻¹ de volume de calda, para o controle de *Spodoptera frugiperda*. No segundo ano (2016), a semeadura foi realizada em 15 de março, sendo 11 sementes/m e com adubação de semeadura de 300 kg ha⁻¹ (08-20-18).

Aos 25 e 45 DAS foram realizadas aplicações de inseticida (clorpirifós 480g ha⁻¹ e Tiametoxam + Lambda-cialotrina 42,3g + 31,80g ha⁻¹, respectivamente) com uso do pulverizador tratorizado com 200 L ha⁻¹ de calda para o controle de *Spodoptera frugiperda*.

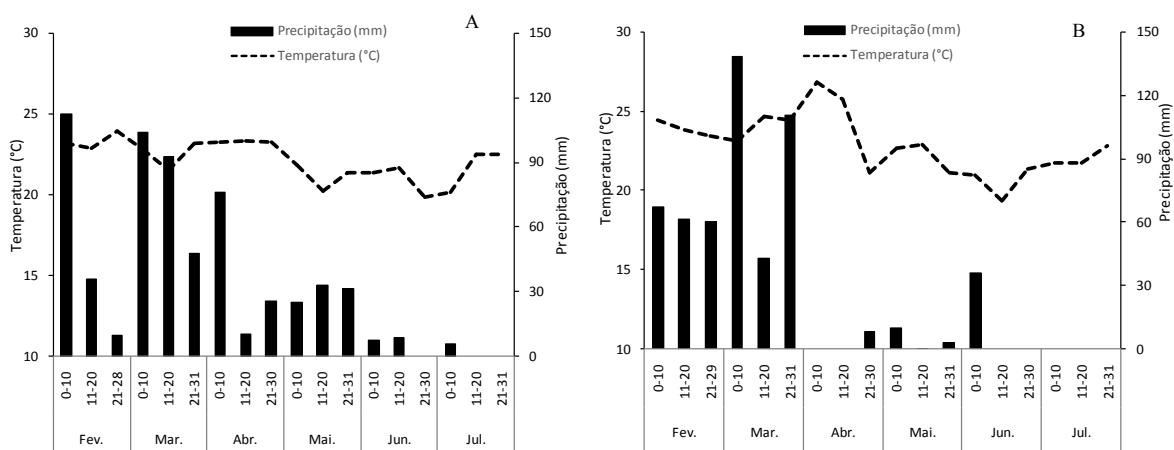


FIGURA 1. Valores de temperatura média do ar e de precipitação coletadas na estação climatológica em Rio Verde-GO, durante a condução do experimento (Figura 1A e 1B, nas safrinhas de 2015 e 2016, respectivamente), Rio Verde-GO, 2016.

Aos 20 e 40 dias após a adubação (DAA) de cobertura foram coletadas folhas de seis plantas, que foram acondicionadas em sacos de papel e enviado ao laboratório e colocada em estufa de ventilação forçada de ar a 65°C, por 72 horas. Posteriormente as amostras foram moídas em moinho do tipo Willey, com peneira de 1 mm de diâmetro, para determinação dos teores de amônio (NH_4^+) e nitrato (NO_3^-) por espectrofotômetro (TEDESCO et al., 1985) e N total, pela metodologia de Kjeldahl (SILVA, 2009).

Antes da coleta das folhas foi avaliado o teor de clorofila, utilizando o clorofilômetro SPAD-502 (Soil and Plant Analysis Development). As leituras foram realizadas na segunda folha totalmente desenvolvida do ápice para a base da planta, de cada parcela, sendo coletado cinco leituras por folha, totalizando 30 leituras por cada tratamento. Na colheita, foram retiradas de cada parcela, dez plantas e foram separadas as folhas, colmo e grãos para a realização dos teores de N em cada partes da planta, conforme metodologia de Kjeldahl (SILVA, 2009).

Os dados foram submetidos a análise de variância quando constatada significância para os efeitos de Fontes de N, empregou-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade (usando o programa Sisvar), e o de Dunnett no mesmo nível de probabilidade (usando o programa Assistat) para comparar o efeito das fontes em relação ao tratamento controle. Na análise do fator doses, utilizou-se análise de regressão (usando o programa Sisvar).

4.3 RESULTADOS DE DISCUSSÃO

A análise de variância não mostrou efeito significativo da interação fontes e doses de N. Entretanto, houve efeito significativo entre as fontes de N para as variáveis nitrato, amônio e nitrogênio total na avaliação aos 20 dias após a aplicação (DAA) de N e N nos grãos, no primeiro ano do trabalho e N folha e colmo no segundo ano do trabalho (Tabela 2). Entre as doses de N foi encontrada significância para todas as variáveis analisadas nos dois anos do trabalho.

Ao comparar os tratamentos com a testemunha foi encontrado efeito significativo para nitrato, amônio, N total aos 20 e 40 DAA de N e N nos grãos, no primeiro ano do trabalho, e para nitrato e N total aos 40 DAA e N na folha no segundo ano do trabalho (Tabela 2).

Na avaliação aos 20DAA, as fontes nitrato de amônio e ureia revestida apresentaram maiores valores de nitrato em relação a ureia (Tabela 3). Ajuste quadrático foi encontrado para o nitrato nos dois anos de avaliação, sendo que a partir da dose 52 kg ha⁻¹ e 31,67 kg ha⁻¹ houve aumento no nitrato nas folhas de sorgo na safreinha 2015 e 2016, respectivamente (Figura 2A e 2B). A aplicação de 30 kg ha⁻¹ de ureia e ureia revestida e 60 kg ha⁻¹ de ureia apresentaram valores de nitrato na folha significativamente menores que o tratamento controle, no primeiro ano do trabalho.

Entre as fontes a ureia e o nitrato de amônio apresentaram maiores índices de amônio nas folhas do sorgo, em relação à ureia revestida, no primeiro ano do trabalho. Este fato provavelmente ocorreu com a ureia revestida pela menor liberação de N, pela polimerização dos grânulos do fertilizante. As doses mostraram crescimento linear, quanto maior a dose maiores os valores de amônio nas folhas de sorgo nos dois anos de avaliação do trabalho (Figura 2C e 2D). Destaca-se as doses de 120 kg ha⁻¹ de nitrato de amônio e 90 e 120 kg ha⁻¹ de ureia que foram superiores ao tratamento controle, no primeiro ano do trabalho.

Tabela 2. Resumo da análise de variância das características avaliadas aos 20 dias após a aplicação de nitrogênio: nitrato (NIT20), amônio (AMO20), nitrogênio total (NTOTAL20), clorofila (CLOR20). Das avaliações realizadas aos 40 dias após a aplicação de nitrogênio: nitrato (NIT40), amônio (AMO40), nitrogênio total (NTOTAL40), clorofila (CLOR40). E na colheita: nitrogênio na folha (N FOLHA), nitrogênio no colmo (N COLMO), nitrogênio nos grãos (N GRÃOS) do ensaio de fontes e doses de nitrogênio aplicados na cultura do sorgo, nas safrinhas 2015 e 2016.

F.V.	NIT20	AMO20	NTOTAL20	CLOR20	NIT40	AMO40	NTOTAL40	CLOR40	N FOLHA	N COLMO	N GRÃOS
--- Safrinha 2015 ---											
Fontes (F)	**	**	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**
Doses (D)	**	**	**	*	**	*	**	**	*	*	**
F x D	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Trat.xTest	*	**	*	ns	*	**	**	ns	ns	ns	**
C.V. (%)	19,19	6,17	5,96	5,15	20,05	7,37	6,83	3,58	12,24	18,13	8,89
--- Safrinha 2016 ---											
Fontes (F)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	**	ns
Doses (D)	**	**	**	*	**	**	**	**	**	*	**
F X D	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Trat.xTest	ns	ns	ns	ns	*	ns	*	ns	**	ns	ns
C.V. (%)	11,18	8,88	7,47	5,41	9,86	7,40	6,21	4,19	11,24	17,92	17,47

**,*ns: Significativo a 1 e 5% de probabilidade e não significativo, respectivamente, pelo teste F.

Tabela 3 Valores médios de nitrato (NIT20), amônio (AMO20), nitrogênio total (NTOTAL) e clorofila (CLOR20) aos 20 dias após a aplicação de N do ensaio de fontes e doses de nitrogênio aplicados na cultura do sorgo, na safrinha 2015 e 2016.

Fontes de N	Doses de N (kg ha ⁻¹)				Médias
	30	60	90	120	
NIT20 (g kg ⁻¹) --- Safrinha 2015 ---					
NA	10,30	10,85	12,86	12,96	11,74 a
UE	5,64*	7,73*	9,79	10,82	8,49 b
UR	7,94*	8,67	12,24	13,69	10,63 a
Médias	7,96	9,08	11,63	12,49	
Controle	12,49				
--- Safrinha 2016 ---					
NA	12,73	13,10	14,42	15,78	14,01
UE	11,92	14,14	14,94	15,77	14,19
UR	11,67	13,37	14,09	14,33	13,36
Médias	12,11	13,54	14,48	15,29	
Controle	13,59				
AMO20 (g kg ⁻¹) --- Safrinha 2015 ---					
NA	28,61	30,85	31,20	32,35*	30,75 a
UE	29,35	29,77	32,14*	32,93*	31,04 a
UR	27,96	28,12	29,69	30,33	29,02 b
Médias	28,64	29,58	31,01	31,87	
Controle	27,63				
--- Safrinha 2016 ---					
NA	25,76	26,18	28,88	29,27	27,52
UE	22,03	25,71	26,19	28,86	25,70
UR	24,74	26,22	27,97	28,38	26,83
Médias	24,17	26,04	27,68	28,84	
Controle	24,41				
NTOTAL20 (g kg ⁻¹) --- Safrinha 2015 ---					
NA	38,91	41,70	44,06	45,31*	42,50 a
UE	34,99*	37,50	41,94	43,75	39,54 b
UR	35,90	36,79	41,94	44,02	39,66 b
Médias	36,60	38,66	42,65	44,36	
Controle	40,12				
--- Safrinha 2016 ---					
NA	38,49	39,28	43,30	45,05	41,53
UE	33,95	39,85	41,13	44,63	39,89
UR	36,41	39,59	42,06	42,72	40,20
Médias	36,28	39,58	42,17	44,14	
Controle	38,00				
CLOR20 (SPAD) --- Safrinha 2015 ---					

NA	49,53	50,01	50,51	53,15	50,80
UE	48,98	50,43	51,31	51,65	50,59
UR	47,35	48,52	48,84	51,93	49,16
Médias	48,62	49,65	50,22	52,24	
Controle		48,22			
--- Safrinha 2016 ---					
NA	38,97	39,51	40,70	41,50	40,17
UE	39,84	39,98	40,00	41,19	40,26
UR	40,08	40,65	41,13	41,39	40,81
Médias	39,63	40,05	40,61	41,36	
Controle		37,74			

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

*Médias diferem significativamente pelo teste de Dunnet a 5% de probabilidade em relação a testemunha.

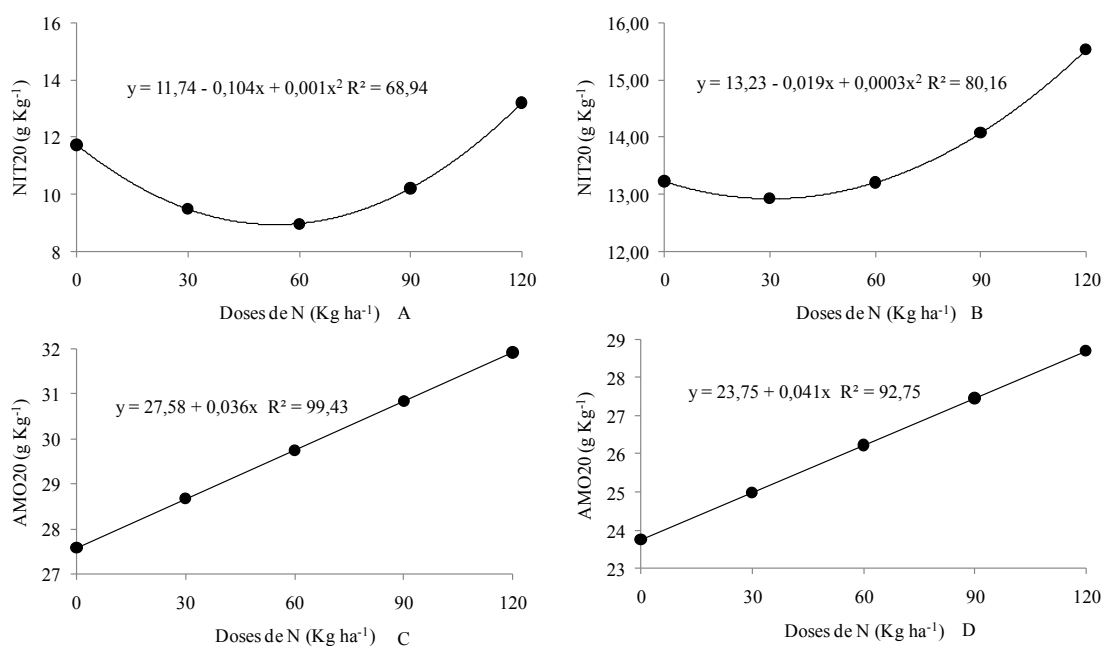


Figura 2 Regressões ajustadas para as características nitrato (NIT20), amônio (AMO20) (Figuras 2A, 2B, 2C, 2D, nas safrinhas de 2015 e 2016, respectivamente) do sorgo granífero após aplicação de diferentes fontes e doses de nitrogênio, Rio Verde – GO.

Independente das fontes utilizadas a presença de amônio nas folhas de sorgo foram superiores as de nitrato. Isto evidencia que ocorreu baixa atividade da nitrificação do amônio no solo (CANTARELLA, 2007). Mesmo com solo em que foi conduzido o

trabalho estar com o pH em torno de 6,0, visto que o valor do pH crítico para o processo de nitrificação gerar em torno de 6,0 (BISSANI et al., 2004). Outro fator a ser considerado é a decomposição da matéria orgânica do solo. Neste processo, há liberação do hidrogênio (H^+) que reduz o pH e produz amônio (CANTARELLA, 2007). Desta forma a aplicação de N acelera a decomposição da matéria orgânica que contribui para o aumento do amônio no solo (BATISTA; MONTEIRO, 2008).

Os valores de N total nas folhas de sorgo foram influenciados pelas diferentes fontes, e o nitrato de amônio foi superior a ureia e ureia revestida, no primeiro ano do trabalho (Tabela 3). Ajuste quadrático foi encontrado para as diferentes doses avaliadas nos dois anos de condução do trabalho (Figura 3A e 3B). A dose de 30 kg ha⁻¹ de ureia foi significativamente inferior ao tratamento controle, e a dose 120 kg ha⁻¹ de nitrato de amônio foi significativamente superior ao controle no primeiro ano do trabalho. Valores inferiores de N nas folhas do sorgo, foram encontrados em outros trabalhos de pesquisa (PRADO et al., 2007; FONSECA et al., 2008; PEREIRA et al., 2014a), mas, este último encontrou incremento de 30% de N nas folhas, quando aplicado 30 kg ha⁻¹ na forma de ureia comparada a testemunha.

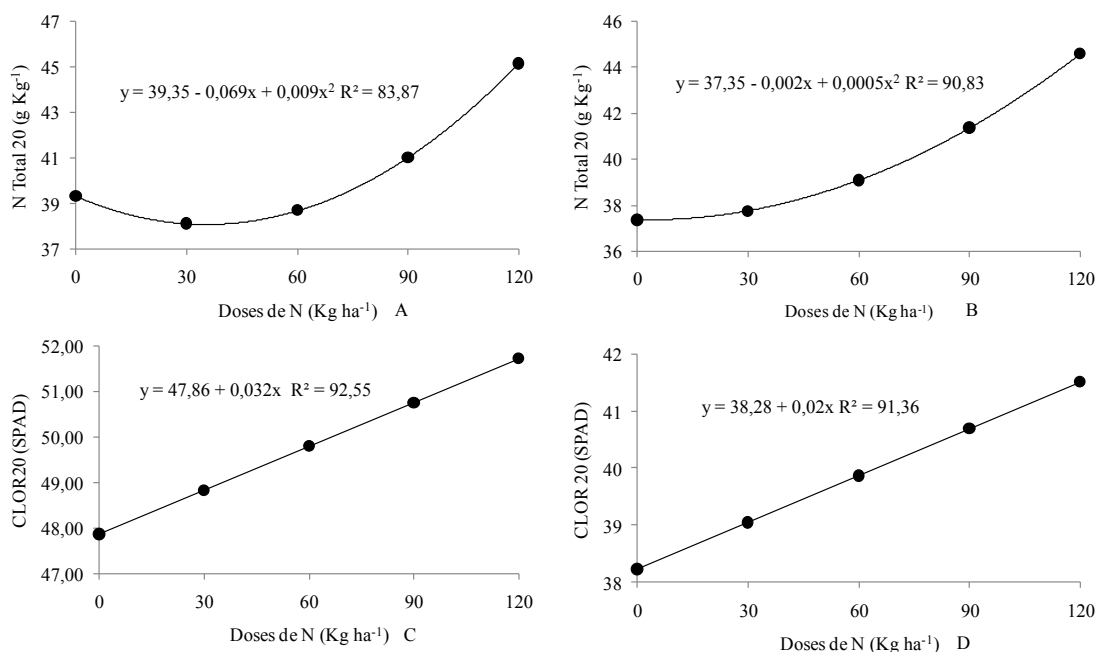


Figura 3 Regressões ajustadas para as características nitrogênio total (NTOTAL) e clorofila (CLOR20) avaliados aos vinte dias após a aplicação de nitrogênio (Figuras 3A, 3B, 3C, 3D, nas safrinhas de 2015 e 2016, respectivamente) do sorgo granífero após aplicação de diferentes fontes e doses de nitrogênio, Rio Verde – GO.

As fontes contendo as duas formas de N (NH_4^+ e NO_3^-) como o nitrato de amônio podem apresentar maior eficiência na absorção do N pela planta, por disponibilizar mais N, que eleva o rendimento de grãos em culturas como o milho (SAHRAWAT, 2008; GOTT et al., 2014). Isto pode ser observado no primeiro ano do ensaio em que a planta de sorgo apresentou maior quantidade de N total na folha em comparação as outras fontes avaliadas.

Na avaliação de clorofila não foi encontrado resultados significativos entre as fontes de N utilizadas, nem na comparação das médias com o tratamento controle nos dois anos do trabalho (Tabela 3). Entre as doses utilizadas houve crescimento linear, ou seja, quanto maiores as doses maiores os valores de clorofila encontrados, nos dois anos de avaliação do trabalho (Figura 3C e 3D). Observa-se que no tratamento sem aplicação de N foi verificado 48,22 e 37,74 unidade SPAD (safrinha de 2015 e 2016, respectivamente) valor semelhante aos tratamentos que receberam N. Esse nitrogênio é recorrente da decomposição da matéria orgânica que fornece 20 kg ha^{-1} de N para cada ponto percentual de seu teor no solo (COELHO, 2008).

Aos 40 DAA de N não foi encontrado diferença significativa para o nitrato, entre as fontes de N (Tabela 4). As doses mostraram comportamento linear, se a maior dose apresentou o maior teor de nitrato, nos dois anos do trabalho (Figura 4A e 4B). Apenas no primeiro ano as doses 90 kg ha^{-1} e 120 kg ha^{-1} de nitrato de amônio foram superiores que o tratamento controle, para os demais, não se encontrou diferença significativa. O nitrato pode ser repellido pelas partículas do solo, que geralmente apresentam cargas elétricas negativas deixando-o livre na solução do solo, ficando sujeito a lixiviação, como consequência sua diminuição na camada de 0-20cm no solo e na disponibilidade para a planta (DYNIA et al., 2006).

Quanto ao amônio aos 40 DAA de N, também não foi encontrado diferença significativa entre as fontes de N, nos dois anos de avaliação (Tabela 4). As diferentes doses apresentaram resultados significativos, sendo linear crescente, e a dose 120 kg ha^{-1} apresentou maiores teores de amônio na planta nos dois anos de avaliação (Figuras 4C e 4D). As doses de 60 kg ha^{-1} de ureia revestida, 90 kg ha^{-1} e 120 kg ha^{-1} das três fontes avaliadas foram superiores ao tratamento controle, no primeiro ano do trabalho.

Tabela 4 Valores médios de nitrato (NIT40), amônio (AMO40), nitrogênio total (NTOTAL) e clorofila (CLOR40) aos 40 dias após a aplicação de N do ensaio de fontes e doses de nitrogênio aplicados na cultura do sorgo, na safrinha 2015 e 2016.

Fontes de N	Doses de N (kg ha ⁻¹)				Médias
	30	60	90	120	
NIT40 (g kg ⁻¹) --- Safrinha 2015 ---					
NA	6,26	8,40	9,54*	10,49*	8,67
UE	6,84	7,40	7,93	8,83	7,75
UR	6,02	7,24	8,10	9,69*	7,76
Médias	6,37	7,69	8,52	9,67	
Controle	5,94				
--- Safrinha 2016 ---					
NA	12,30	13,26	13,37	15,34	13,57
UE	13,42	13,70	14,08	15,36	14,14
UR	12,12	12,28	13,21	14,74	13,09
Médias	12,62	13,08	13,56	15,15	
Controle	11,73				
AMO40 (g kg ⁻¹) --- Safrinha 2015 ---					
NA	31,11	31,91	32,94*	33,49*	32,36
UE	30,77	31,58	32,67*	34,66*	32,42
UR	32,05	32,46*	33,09*	33,89*	32,87
Médias	31,31	31,98	32,90	34,01	
Controle	27,54				
--- Safrinha 2016 ---					
NA	23,65	24,65	25,12	27,28	25,18
UE	23,80	23,94	24,24	25,27	24,31
UR	24,21	24,36	25,65	26,84	25,26
Médias	23,89	24,32	25,01	26,47	
Controle	23,78				
NTOTAL40 (g kg ⁻¹) --- Safrinha 2015 ---					
NA	37,37	40,31*	42,48*	43,98*	41,04
UE	37,61	38,99	40,60*	43,49*	40,17
UR	38,07	39,70*	41,20*	43,58*	40,64
Médias	37,68	39,66	41,43	43,68	
Controle	33,48				
--- Safrinha 2016 ---					
NA	35,96	37,91	38,50	42,62*	38,75
UE	37,22	37,65	38,33	40,63*	38,46
UR	36,34	36,64	38,87	41,59*	38,36
Médias	36,51	37,40	38,57	41,62	
Controle	35,51				
CLOR40 (SPAD) --- Safrinha 2015 ---					

NA	53,74	55,24	56,02	57,67	55,67
UE	55,92	56,86	57,54	58,29	57,15
UR	53,75	55,92	56,63	57,22	55,88
Médias	54,47	56,01	56,73	57,73	
Controle		54,40			
--- Safrinha 2016 ---					
NA	38,15	39,56	40,48	41,39	39,90
UE	39,29	39,56	40,77	41,08	40,18
UR	37,35	39,92	40,34	40,67	39,57
Médias	38,26	39,68	40,53	41,05	
Controle		38,57			

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

*Médias diferem significativamente pelo teste de Dunnet a 5% de probabilidade em relação a testemunha

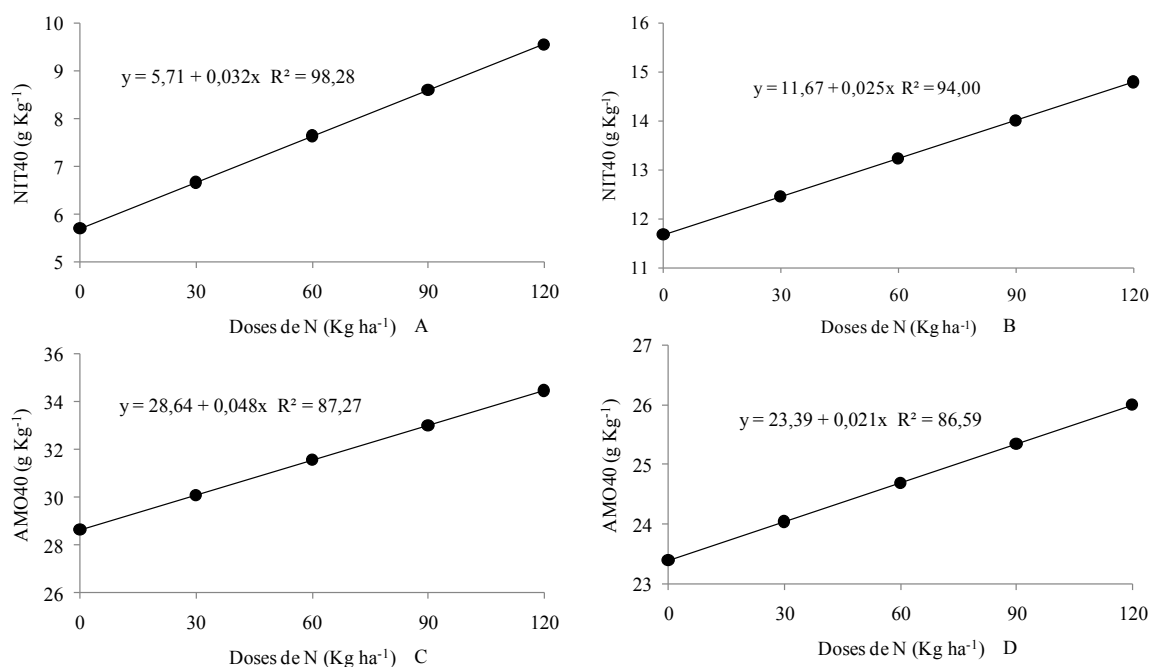


Figura 4 Regressões ajustadas para as características nitrato (NIT40), amônio (AMO40) avaliados aos quarenta dias após a aplicação de nitrogênio (Figuras 4A, 4B, 4C, 4D, nas safrinhas de 2015 e 2016, respectivamente) do sorgo granífero após aplicação de diferentes fontes e doses de nitrogênio, Rio Verde – GO.

Observou-se no tratamento controle teores de amônio de 27,54 para 23,78 g kg⁻¹, mostrando a presença de N no solo, e, neste caso, maiores teores de amônio no solo. Outro fator que favoreceu a maior presença de amônio nas folhas do sorgo foram as fontes utilizadas, visto que a ureia e a ureia revestida possuem 45% de N na forma de amônio, e o nitrato de amônio 33% de N na forma de nitrato e amônio (YAMADA et

al., 2007). Neste trabalho foram adicionadas fontes de N que favoreceram a presença de amônio no solo que favoreceu a absorção pelas plantas.

Não foi verificada significância para a variável N total, nas folhas de sorgo, em relação as fontes utilizadas, nos dois anos de avaliação (Tabela 4). As doses apresentaram comportamento linear (Figuras 5A e 5B). Apenas as doses 30 kg ha⁻¹ das três fontes e 60 kg ha⁻¹ de ureia não diferiram do tratamento controle, no primeiro ano de avaliação e a dose de 120 kg ha⁻¹ também das três fontes avaliadas.

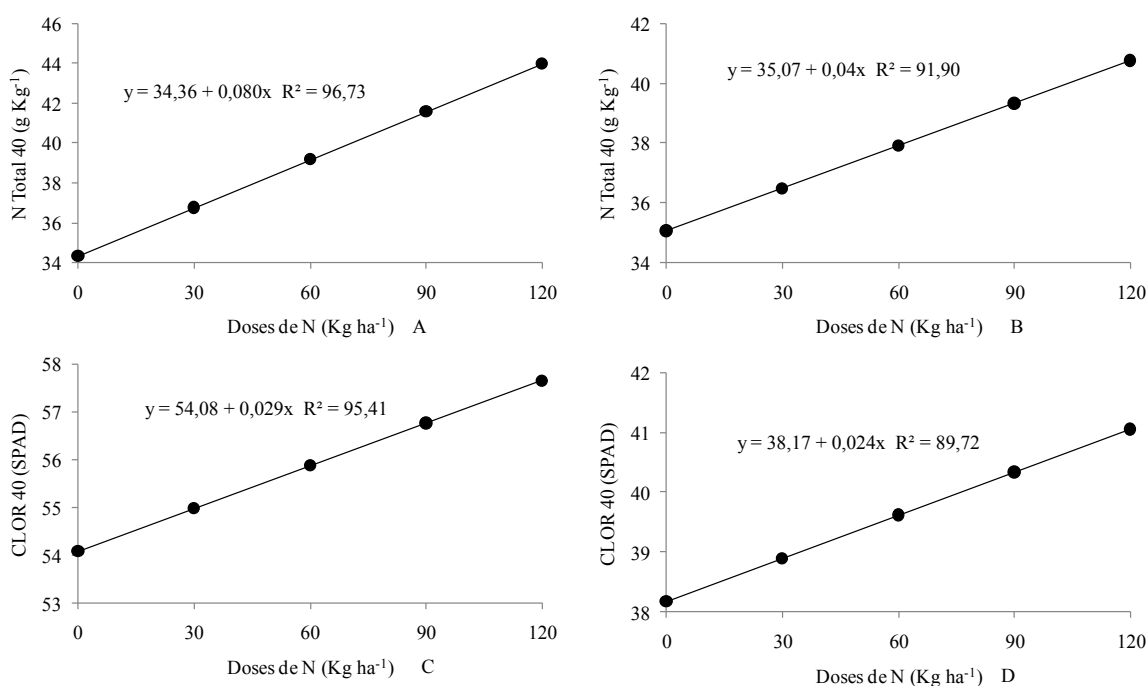


Figura 5 Regressões ajustadas para as características nitrogênio total (NTOTAL) e clorofila (CLOR40) avaliados aos quarenta dias após a aplicação de nitrogênio (Figuras 5A, 5B, 5C, 5D, nas safrinhas de 2015 e 2016, respectivamente) do sorgo granífero após aplicação de diferentes fontes e doses de nitrogênio, Rio Verde – GO.

Também foi observado a presença de N nas folhas de sorgo, no tratamento controle, com isto deve-se considerar as diversas formas de fornecimento de N para as plantas, que além dos adubos nitrogenados, o N pode ser incorporado ao sistema solo-planta a partir de restos culturais, por processos de fixação biológica, pois em locais em que não ocorrem aplicação de N, as comunidades bacterianas na rizosfera dos solos não são influenciadas (COELHO, et al., 2007) e por precipitação induzida por descargas elétricas (RAIJ, 1991). Mesmo não apresentando diferença, os valores de N total são superiores aos encontrados por Rosa et al. (2009) e Pereira et al. (2014b). Já Souza et al.

(2011) obtiveram aumento do N foliar com o incremento das doses de ureia na cultura do milho.

As avaliações de clorofila nas folhas do sorgo não apresentaram efeitos significativos para as fontes e ao comparar as doses com o tratamento controle, nos dois anos de avaliação (Tabela 4). Para doses houve crescimento linear, sendo que a maior dose contribuiu para maior presença de clorofila na folha do sorgo. Isto evidencia a coerência entre os resultados em relação as doses, já que o monitoramento do nível de N na folha, pelo teor de clorofila, avaliados pelo clorofilômetro é considerado um método eficiente (HURTADO et al., 2009; HURTADO et al., 2011). Como constatado para a cultura do milho (HURTADO et al., 2009; RAMBO et al., 2010).

Na avaliação de N na folha do sorgo, na colheita foi encontrada diferença significativa para fontes, apenas no segundo ano do trabalho, e o nitrato de amônio e a ureia revestida foram superiores a ureia (Tabela 5). Ajuste quadrático foi encontrado para as doses no primeiro ano no trabalho, sendo que a partir da dose 50 kg ha⁻¹ houve aumento no teor de N nas folhas (Figura 6A). No segundo ano, houve aumento linear da quantidade de N acumulados nas folhas (Figura 6B). Todas as doses acumularam mais N nas folhas, quando comparadas ao tratamento controle, exceto a dose 30 kg ha⁻¹ de ureia e ureia revestida e 60 kg ha⁻¹ de ureia no segundo ano do trabalho.

Tabela 5 Valores médios de nitrogênio na folha (N FOLHA), nitrogênio no colmo (N COLMO), nitrogênio grão (N GRÃO) do ensaio de fontes e doses de nitrogênio aplicados na cultura do sorgo e seus efeitos na soja em sucessão, na safrinha 2015 e 2016.

Fontes de N	Doses de N (kg ha ⁻¹)				Médias
	30	60	90	120	
N FOLHA (g kg ⁻¹) --- Safrinha 2015 ---					
NA	0,65	0,67	0,74	0,79	0,71
UE	0,61	0,63	0,67	0,72	0,65
UR	0,66	0,67	0,69	0,71	0,68
Médias	0,64	0,66	0,70	0,74	
Controle		0,68			
--- Safrinha 2016 ---					
NA	0,56*	0,63*	0,66*	0,69*	0,64 a
UE	0,43	0,46	0,56*	0,62*	0,52 b
UR	0,50	0,60*	0,64*	0,65*	0,60 a
Médias	0,50	0,57	0,62	0,65	
Controle		0,42			

N COLMO (g kg ⁻¹) --- Safrinha 2015 ---					
NA	0,35	0,39	0,41	0,44	0,39
UE	0,34	0,41	0,42	0,46	0,41
UR	0,37	0,39	0,43	0,46	0,41
Médias	0,35	0,40	0,42	0,45	
Controle	0,41				
--- Safrinha 2016 ---					
NA	0,47	0,48	0,49	0,51	0,49 a
UE	0,27	0,33	0,35	0,38	0,33 b
UR	0,41	0,42	0,45	0,46	0,44 a
Médias	0,38	0,41	0,43	0,45	
Controle	0,36				
N GRÃO (g kg ⁻¹) --- Safrinha 2015 ---					
NA	14,16	14,87*	15,72*	16,33*	15,27 a
UE	11,81	12,63	13,37	14,67*	13,12 b
UR	12,08	14,33*	14,95*	15,90*	14,32 a
Médias	12,69	13,65	14,68	15,63	
Controle	11,67				
--- Safrinha 2016 ---					
NA	7,43	9,95	10,06	13,56	10,25
UE	8,75	9,48	9,62	11,59	9,86
UR	9,62	10,17	11,70	12,69	11,05
Médias	8,60	9,86	10,46	12,61	
Controle	10,06				

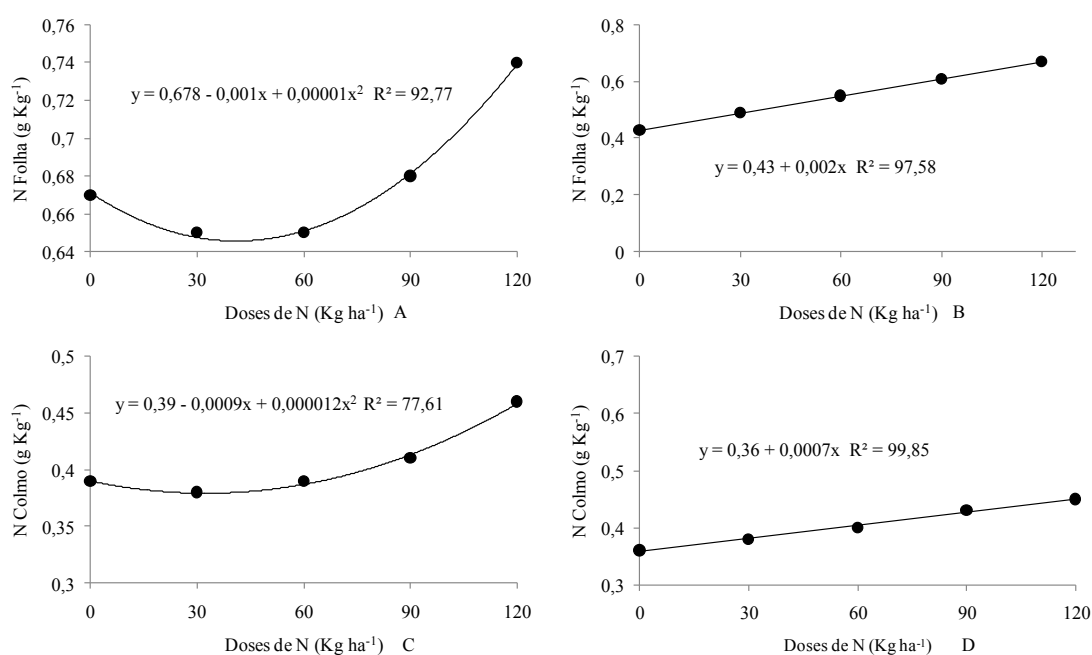


Figura 6 Regressões ajustadas para as características nitrogênio na folha (NFOLHA), nitrogênio no colmo (NCOLMO) avaliados na colheita (Figuras 6A, 6B, 6C, 6D, nas

safrinhas de 2015 e 2016, respectivamente) do sorgo granífero após aplicação de diferentes fontes e doses de nitrogênio, Rio Verde – GO.

As fontes nitrato de amônio e ureia revestida acumularam maiores teores de N no colmo, no segundo ano do trabalho (Tabela 5). Ajuste quadrático foi encontrado para os valores de doses no primeiro ano do trabalho e linear crescente no segundo ano (Figura 6C e 6D).

Vale ressaltar que após a colheita dos grãos a palhada que permanece na área, fornece ao solo os nutrientes presentes na mesma através da decomposição. Assim o N presente nas folhas e no colmo voltará ao sistema solo-planta na próxima semeadura.

Em relação ao N presente nos grãos de sorgo, os tratamentos com nitrato de amônio e ureia revestida foram superiores a ureia, no primeiro ano do trabalho (Tabela 5). Também no primeiro ano houve crescimento linear em relação as doses (Figura 7A) e ajuste quadrático no segundo ano (Figura 7B), e a partir da dose 39 kg ha⁻¹ ocorreu maior acúmulo de N nos grãos. As doses de 60 e 90 kg ha⁻¹ de nitrato de amônio e ureia revestida e 120 kg ha⁻¹ das três fontes avaliadas foram significativamente superiores que o tratamento controle, no primeiro ano do trabalho.

Vale ressaltar que no primeiro ano do trabalho em que houve maior ocorrência de chuvas (Figura 1A), o acúmulo de N nos grãos aumentou de acordo com o aumento das doses e no segundo ano em que o índice de precipitação foi menor (Figura 1B), o acúmulo de N nos grãos aumentou somente com a aplicação de doses acima de 39 kg ha⁻¹.

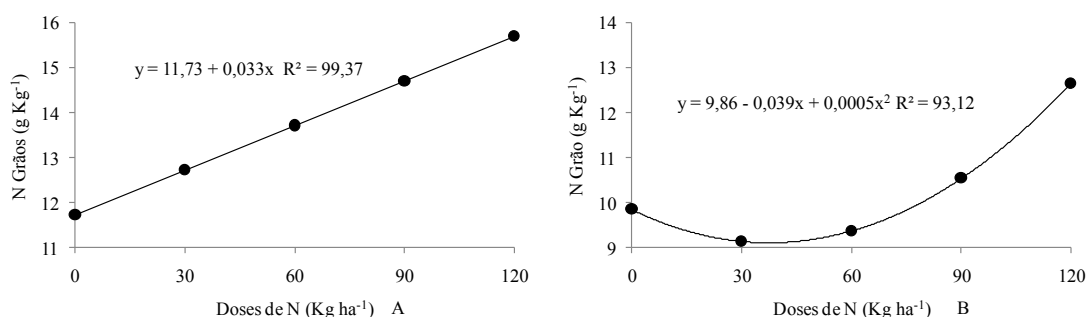


Figura 7 Regressões ajustadas para as características nitrogênio nos grãos (NGRÃOS) (Figuras 7A, 7B nas safrinhas de 2015 e 2016, respectivamente) do sorgo granífero após aplicação de diferentes fontes e doses de nitrogênio, Rio Verde – GO.

Em geral o nitrogênio é o segundo elemento mais acumulado no colmo e folha do sorgo (ALBUQUERQUE et al., 2013). Em relação a exportação dos nutrientes pelo sorgo, o nitrogênio é quase totalmente translocados para os grãos (COELHO et al., 2002). Na colheita dos grãos, observou-se maior acúmulo de N em relação as folhas e o colmo. Visto que a demanda de N pelos grãos é suprida pela translocação do mesmo presente no caule, esta não sendo suficiente também ocorre a translocação no N presente nas folhas (OOSTEROM et al., 2010).

4.4 CONCLUSÕES

Os teores de clorofila aumentaram com as doses de N nos dois anos avaliados.

A maior concentração de N foi verificada na maior dose na fonte nitrato de amônio, nos dois anos de avaliação.

Os grãos de sorgo acumularam mais nitrogênio que o colmo e as folhas.

4.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, C. J. B.; CAMARGO, R. C.; SOUZA, M. F. Extração de macronutrientes no sorgo granífero em diferentes arranjos de plantas. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.12, n.1, p. 10-20, 2013.

AGUIAR, L. M. S.; MORAIS, A. V. C.; GUIMARÃES, D. P. Clima. In: RODRIGUES, J. A. S. (Ed.). **Cultivo do sorgo**. 3. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2007. (Embrapa Milho e Sorgo. Sistemas de Produção, 2).

BATISTA, K.; MONTEIRO, F. A. Nitrogênio e enxofre nas características morfogênicas do capim-marandu em substituição ao capim-braquiária em degradação em solo com baixo teor de matéria orgânica. **Revista Brasileira de Zootecnia (Online)**, v. 37, p. 1151-1160, 2008.

BISSANI, C. A.; GIANELLO, C.; TEDESCO, M. J.; CAMARGO, F. A. D. O. **Fertilidade dos solos e manejo da adubação de culturas**. Porto Alegre, Gênese, 2004. 328p.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo**. 1 ed. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Viçosa-MG. 2007 p. 375-470.

COELHO, A. M.; WAQUIL, J. M.; KARAN, D.; CASELA, C. R.; RIBAS, P. M. **Seja o doutor do seu sorgo**. Piracicaba: POTAFOS, 2002. 24 p. (Arquivo do agrônomo, 14).

COELHO, M. R. R.; DE VOS, M.; CARNEIRO, N. P.; MARRIEL, I. E.; PAIVA, E.; SELDIN, L. Diversity of *nifH* gene pools in the rhizosphere of two cultivars of sorghum (*Sorghum bicolor*) treated with contrasting levels of nitrogen fertilizer. **Microbiology Letters**, v. 279, n.1, p. 15-22, 2007.

COELHO, A. M.; Adubação e nutrição do milho. In: **A cultura do milho**. CRUZ, J.C. et al.; 1º Ed. Sete Lagoas-MS. EMBRAPA Milho e Sorgo, 2008, 517p

DYNIA, J. F.; SOUZA, M. D. de.; BOEIRA, R. C. Lixiviação de nitrato em Latossolo cultivado com milho após aplicações sucessivas de lodo de esgoto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.5, p.855-862, 2006.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. Londrina: Editora Planta, 2004. 403p.

FONSECA, I. M.; PRADO, R. M.; ALVES, A. U.; GONDIM, A. R. O. Crescimento e nutrição do sorgo (cv. BRS 304) em solução nutritiva. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, v. 8, n. 2, p. 113-124, 2008.

FORNASIERI FILHO, D.; FORNASIERI, J. L. **Manual da cultura do sorgo**. Jaboticabal: FUNEP. 2009. 202 p.

GOTT, R. M.; SICHOCKI, D.; AQUINO, L. A.; XAVIER, F. O.; SANTOS, L. P. D. dos; AQUINO, R. F. B. A de. Fontes e épocas de aplicação de nitrogênio no milho safrinha. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.13, n.1, p. 24-34, 2014.

HURTADO, S. M. C.; RESENDE, A. V. de; SILVA, C. A.; CORAZZA, E. J.; SHIRATSUCHI, L. S. Variação espacial da resposta do milho à adubação nitrogenada de cobertura em lavoura no Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, n. 3, p.300-309, 2009.

HURTADO, S. M. C.; RESENDE, A. V.; SILVA, C. A.; CORAZZA, E. J.; SHIRATSUCHI, L. S. Clorofilômetro no ajuste da adubação nitrogenada em cobertura para o milho de alta produtividade. **Ciência Rural**, vol.41, n.6, p.1011-1017, 2011.

LYUMUGABE, L.; GROS, J.; NZUNGIZE, J.; BAJYANA, E.; THONART, P. Characteristics of African traditional beers brewed with sorghum malt: a review. **Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement; Gembloux**, v. 16, n. 4, p. 509-530, 2012.

OOSTEROM, E. J.; CHAPMAN, S. C.; BORRELL, A. K.; BROAD, I. J.; HAMMER, G. L. Functional dynamics of the nitrogen balance of sorghum. II. Grain filling period. **Field Crops Research**, v. 115, n. 1, p. 29-38, 2010.

PARRELA, R. A. da; MENEZES, C.CB. de; RODRIGUES, J. A. S.; TARDIN, F. D.; PARRELLA, N. N. L. D.; SCHAFFERT, R. E. Cultivares. In: BORÉM, A.; PIMENTEL, L.; PARRELLA, R. **Sorgo do plantio à colheita**. 1ed. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2014, p. 169-187.

PEREIRA, R. G.; OLIVEIRA, F. H. T. de; SILVA, G. F. da; PAIVA, M. R. F. C.; NOVO JÚNIOR, J. Rendimento do sorgo granífero adubado com nitrogênio e fósforo no semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.13, n.3, p. 285-299, 2014a.

PEREIRA, R. G.; SILVA, G. F. da; OLIVEIRA, F. H. T de; DIÓGENES, T. B. A.; MEDEIROS, P. V. Q. Desempenho agrônômico do sorgo granífero adubado com nitrogênio e fósforo no semiárido do rio grande do norte. **Revista Caatinga**, v. 27, n. 2, p. 24 – 36, 2014b.

PINTO, O. R. de O; AZEVEDO, B. M. de; 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.

PRADO, R. M.; ROMUALDO, L. M.; ROZANE, D. E. Omissão de macronutrientes no desenvolvimento e no estado nutricional de plantas de sorgo (cv. BRS 3010) cultivadas em solução nutritiva. **Científica**, v. 35, n. 2, p. 122-128, 2007.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres: Potafos, 1991, 343p.

RAMBO, L.; MA, B. L.; XIONG, Y.; SILVIA, P. R. F. da. Leaf and canopy optical characteristics as crop-N-status indicators for field nitrogen management in corn. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v.173, n. 3, p.434-443, 2010.

RAMOS JUNIOR, E. U.; MACHADO, R. A. F.; OLIBONE, D.; CASTOLDI, G.; RAMOS, B. M. Crescimento de plantas de cobertura sob déficit hídrico. **Semina: Ciências Agrárias**, v.34, n. 1, p. 47-56, 2013.

RIBAS, P. M. Origem e importância econômica. In: BOREM, A.; PIMENTEL, L.; PARRELLA, R. **Sorgo do plantio à colheita**. 1ed. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2014, p. 09-36.

ROSA, C. M. da; CASTILHOS, R. M. V.; VAHL, L. C.; CASTILHOS, D. D.; PINTO, L. F. S.; OLIVEIRA, E. S.; LEAL, O. A. Efeito de substâncias húmicas na cinética de absorção de potássio, crescimento de plantas e concentração de nutrientes em *Phaseolus vulgaris* L. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 4, p. 959-967, 2009.

SAHRAWAT, K.L. Factors Affecting Nitrification in Soils. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 39, n. 9 - 10, p. 1436-1446, 2008.

SILVA, A. G.; FRANCISCHINI, R.; GOULART, M. M. P. Desempenho agrônômico e econômico de híbridos de sorgo Granífero na safrinha em Montividiu-Go. **Revista de Agricultura**, v.90, n.1, p. 17-30, 2015.

SILVA, F. C. (Editor técnico) **Manual de análise química de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2009. 627p.

SOUZA, J. A.; BUZETTI, S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; ANDREOTTI, M.; SÁ, M. E.; ARF, O. Adubação nitrogenada na cultura do milho safrinha irrigado em plantio direto. **Bragantia**. v.70, n. 2, p.447-54. 2011.

TEDESCO, M.J.; VOLKWEISS, S.J. & BOHNEN, H. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1985. 95p. (Boletim Técnico, 5)

YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S.; VITTI, G. C. **Nitrogênio e enxofre na agricultura brasileira**. Piracicaba, IPNI Brasil, 2007. 722p.

5. CONCLUSÃO GERAL

A aplicação de nitrogênio em cobertura na cultura do sorgo mostrou ser uma prática viável, visto o incremento no rendimento de grão, mesmo em condições de baixa precipitação. Mesmo o rendimento de grãos no ano de 2016 ter sido menor que 2015, pelo baixo índice pluviométrico, a análise de rentabilidade mostra que o retorno econômico foi maior. Isto aconteceu pelo alto valor do grão de sorgo no mercado e pela contribuição da aplicação de nitrogênio no aumento do rendimento.

Em relação a absorção de N pela planta o amônio foi a forma mais absorvida pelo sorgo, mostrando sua predominância no solo.

A planta de sorgo acumulou mais nitrogênio nos grãos em relação ao colmo e as folhas. Isto mostra que o sorgo apresenta grande capacidade de exportar N, dado este importante, visto que, apenas o N presente nas folhas e colmo serão incorporados ao solo podendo ser reutilizado pela próxima cultura.