

RESSALVA

Atendendo solicitação da
autora, o texto completo desta dissertação
será disponibilizado somente a partir
de 20/06/2021.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

MARIA GABRIELA DE OLIVEIRA ANDRADE

**AVALIAÇÃO DE CULTIVARES DE SORGO SUBMETIDOS A APLICAÇÃO DE
FÓSFORO E ETHEPHON**

Ilha Solteira
2019

MARIA GABRIELA DE OLIVEIRA ANDRADE

**AVALIAÇÃO DE CULTIVARES DE SORGO SUBMETIDOS A APLICAÇÃO DE
FÓSFORO E ETHEPHON**

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agronomia – Sistemas de Produção.

Prof. Dr. Ronaldo da Silva Viana
Orientador

Prof. Dr. Marco Eustáquio de Sá
Co-orientador

Ilha Solteira

2019

FICHA CATALOGRÁFICA
Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

Andrade, Maria Gabriela de Oliveira.
A553a Avaliação de cultivares de sorgo submetidos a aplicação de fósforo e ethephon: avaliação de cultivares de sorgo submetidos a aplicação de fósforo e ethephon / Maria Gabriela de Oliveira Andrade. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2020 50 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia . Área de conhecimento: Sistema de Produção, 2020

Orientador: Ronaldo da Silva Viana
Co-orientador: Marco Eustáquio de Sá
Inclui bibliografia



1. Cultivares de sorgo. 2. Fósforo. 3. Ethephon.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Ilha Solteira

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Avaliação de cultivares de sorgo submetidos à aplicação de fósforo e etephon

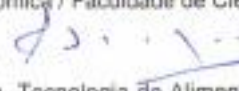
AUTORA: MARIA GABRIELA DE OLIVEIRA ANDRADE

ORIENTADOR: RONALDO DA SILVA VIANA

COORIENTADOR: MARCO EUSTAQUIO DE SA

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em AGRONOMIA, área:
Sistemas de Produção pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. RONALDO DA SILVA VIANA 
Curso de Engenharia Agrônômica / Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas de Dracena - UNESP

Prof. Dr. EDSON LAZARINI 
Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP

Prof. Dr. SEBASTIÃO FERREIRA DE LIMA 
Departamento de Agronomia / Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS

Ilha Solteira, 20 de dezembro de 2019

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, **Maria Waldirene de Oliveira Santos e Eduardo Andrade dos Santos.**

Nenhuma palavra poderá expressar a gratidão que sinto por tudo que fazem.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me abençoar e me mostrar os melhores caminhos a serem seguidos.

Aos meus pais, por tornarem mais uma conquista possível, sempre com muito amor, incentivo, paciência e orações, nunca deixando que eu desistisse dos meus sonhos. Vocês são meu alicerce!

A minha irmã Maria Fernanda, que me motiva a ser alguém melhor, me tornando um exemplo a ser seguido.

Ao meu orientador Ronaldo Viana, por me acolher desde o princípio, sendo sempre compreensivo e amigo. Obrigada por todo conhecimento transmitido, e por toda força e entusiasmo para seguir em frente. Foi uma honra trabalhar ao seu lado.

Ao meu co-orientador Marco Eustáquio, por ter me acompanhado em todos os momentos, tornando tudo sempre mais leve e divertido. Gratidão por todos ensinamentos sobre o curso e sobre a vida.

Ao meu professor Sebastião Ferreira, que me acompanha desde a graduação, tornando-se um grande amigo. Obrigada por ser meu incentivador, conselheiro e por sempre acreditar em mim.

A esta universidade, a qual me acolheu, e de um sonho passou a ser realidade.

A Maria Julia Betiollo Troleis e Izabela Rodrigues Sanches minhas principais parceiras nesses anos de luta, sendo sempre pontos de apoio, onde era possível recarregar as energias para seguir em frente. Nunca esquecerei de todas as conversas, conselhos, críticas, e principalmente da nossa união, levarei vocês no coração.

A todos os amigos que Ilha Solteira me proporcionou, Emanuelli Possas, Lucas Ferreira, Sheury Celante, Flavia Lourenço, Eduardo Pechoto, Otávio Pechoto, Lucas Garé, Fernando Buzo, Matheus Mateus e Rafael Casagrande, pelas alegrias, tristezas e conquistas compartilhadas. Sem dúvida, vocês fizeram com que tudo valesse a pena.

A Vanessa Dias, que me ajudou durante todo o experimento e avaliações realizadas, tornando todo o processo mais fácil. Meu muito obrigada!

Aos funcionários da Fazenda de Ensino e Pesquisa, pela disponibilidade em me ajudar sempre que necessário.

A todos que de uma forma geral participaram da minha formação, me dando suporte e apoio. O meu muito obrigada.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

“Na vida cada oportunidade é uma experiência. E cada experiência é uma dádiva”.

Autor desconhecido

RESUMO

A cultura do sorgo é de grande importância para o país, principalmente por propiciar várias formas de utilização, destacando-se a alimentação humana e de animais, produção de energia renovável, além da alta resistência a seca e outros fatores climáticos adversos. Assim, objetivou-se avaliar a aplicação de doses de fósforo (P) e de Ethephon no desenvolvimento, produtividade, qualidade tecnológica e bromatológica dos cultivares de sorgo Silotec 20 (dupla aptidão) e BRS 508 (sacarino). Os experimentos foram conduzidos na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão-FEPE, localizada no município de Selvíria-MS. O solo da área experimental é classificado como LATOSSOLO VERMELHO distrófico, textura argilosa. O delineamento experimental foi blocos ao acaso, em esquema fatorial 5x4, sendo cinco doses de fósforo (0, 40, 80, 120 e 160 kg ha⁻¹ de P₂O₅), utilizando como fonte, superfosfato simples e quatro doses do Ethephon (0, 330, 660 e 1.320 mL ha⁻¹), com quatro repetições. As variáveis analisadas no sorgo Silotec 20 e BRS 508 foram: altura de plantas, diâmetro do colmo, stand aos 15 e 60 dias após a aplicação (D.A.A) de Ethephon, volume de biomassa fresca e seca, produtividade e análise de macronutrientes. Além dessas, foram avaliadas no sorgo Silotec 20 as variáveis bromatológicas: matéria seca (MS), cinzas (CZ), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), celulose (CEL) e lignina (LIG). No sorgo BRS 508 foram analisadas as variáveis tecnológicas: teor de sólidos solúveis (BRIX %); teor de sacarose (%); açúcares redutores (AR%); açúcares redutores totais (ART%); fibra (%); pureza (%) e umidade. No cultivar SILOTEC 20, as doses de fósforo não interferiram na produtividade, porém, aumentou-se o diâmetro do colmo, e a aplicação do Ethephon, reduziu a altura de plantas, tornando-se plantas mais resistentes ao acamamento. Para a cultivar BRS 508, as doses de P não influenciaram a produtividade, entretanto, aumentaram o diâmetro do colmo. As doses de Ethephon não influenciaram a produtividade do sorgo sacarino, porém melhorou a qualidade tecnológica do caldo extraído.

Palavras-chave: *Sorghum bicolor* L. Moench. Adubação fosfatada. Fitorregulador. Qualidade da matéria-prima. Silagem. Biomassa.

ABSTRACT

Sorghum crop have great importance for the country, mainly because it provides various forms of use, including human and animal nutrition, renewable energy production, as well as high resistance to drought and other adverse climatic factors. Thus, the objective of this study was to evaluate the application of phosphorus (P) and Ethephon doses in the development, productivity, technological and bromatological quality of sorghum cultivars Silotec 20 (double suitability) and BRS 508 (saccharin). The experiments were conducted at the Teaching, Research and Extension Farm-FEPE, located in Selvíria-MS. The soil of the experimental area is classified as OXISOL, clay texture. Both experimental design was randomized blocks in a 5x4 factorial scheme, with five phosphorus doses (0, 40, 80, 120 and 160 kg ha⁻¹ of P₂O₅), using simple superphosphate as source and four doses of Ethephon (0, 330, 660 and 1,320 mL ha⁻¹), with four replications. The variables analyzed in Silotec 20 and BRS 508 sorghum were: plant height, stem diameter, stand at 15 and 60 days after Ethephon application (D.A.A), fresh and dry biomass volume, yield and macronutrient analysis. In addition, it were evaluated in sorghum Silotec 20 the bromatological variables: dry matter (MD), ash (AH), ether extract (EE), neutral detergent fiber (FDN), acid detergent fiber (FDA), cellulose (CEL), lignin (LIG). And in sorghum BRS 508 were analyzed: the technological variables: soluble solids content (BRIX%); sucrose content (%); reducing sugars (SR%); total reducing sugars (SRT%); fiber (%); purity (%) and humidity. In the SILOTEC 20 cultivar, phosphorus doses did not affect yield, but stem diameter was increased, and the application of Ethephon reduced plant height, making plants more resistant to lodging. For cultivar BRS 508, P rates did not influence yield, however, increased stem diameter. Ethephon doses did not influence the yield of saccharin sorghum, but improved the technological quality of the extracted juice.

Keywords: *Sorghum bicolor* L. Moench. Phosphate fertilization. Phyto regulator. Raw material quality. Silage. Biomass.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	12
2.1	SORGO (<i>Sorghum bicolor</i> L. Moench)	12
2.2	FÓSFORO NA AGRICULTURA	14
2.3	ETEPHON	16
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	18
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
4.1	EXPERIMENTO 1. SORGO SILOTEC 20	21
4.2	EXPERIMENTO 2- SORGO BRS 508.....	31
5	CONCLUSÃO.....	42
	REFERÊNCIAS	

1 INTRODUÇÃO

O sorgo além do seu potencial energético, também se destaca por ter ampla adaptação edafoclimática, alta eficiência no uso da água e por poder utilizar a mesma infraestrutura e maquinário da indústria canavieira, desde a extração até o uso de levedura comercial para a fermentação do caldo em etanol (MASSON, 2013).

Embora a cana-de-açúcar seja a matéria-prima utilizada com maior rendimento por área cultivada para a produção de etanol, as buscas por culturas que sirvam como matérias-primas renováveis e apresentem ciclo de desenvolvimento curto, tem sido objeto de várias pesquisas (BATISTA *et al.*, 2018). Dentre os vários materiais avaliados, o sorgo sacarino tem se destacado como cultura energética promissora, devido ao armazenamento de açúcares fermentescíveis (sacarose, glicose e frutose) nos colmos, de forma semelhante à cana-de-açúcar, sendo estes facilmente convertidos em etanol (KHALIL *et al.*, 2015).

O sorgo forrageiro, usado com a finalidade de pastagens cultivadas em estação quente, auxilia na produção pecuária de bovinos de corte e maximiza a produtividade dos sistemas de produção (NEUMANN *et al.*; 2011). O cultivo dessas pastagens, tem colaborado para oferta de alimentos de boa qualidade alimentar, de baixo custo, tanto para pecuaristas como para a agroindústria de rações (COELHO *et al.*, 2009).

Dessa forma, o sorgo tem ganhado espaço nos últimos anos, devido principalmente, às suas características como alto valor nutritivo, alta concentração de carboidratos solúveis, essenciais para uma adequada fermentação láctica no processo de fermentação da silagem (NEUMANN *et al.*, 2011), bem como a sua alta capacidade de rebrota, importante para pastejo. Segundo Zago (1991), após a colheita da cultura do sorgo, a planta conserva vivo seu sistema radicular, possibilitando sua rebrota, desde que haja condições de temperatura, umidade no solo e fertilidade adequada.

O sorgo é considerado uma cultura rustica, mas, exigente em fósforo (P), respondendo positivamente a adubação fosfatada sobre sua produção de matéria seca e de grãos (CRUZ *et al.*, 2015). O P é um dos nutrientes mais importantes para o desenvolvimento das culturas agrícolas, por estar envolvido na divisão celular, fotossíntese, participar como elemento estrutural de açúcares e amidos, além de influenciar na absorção e no metabolismo de vários outros nutrientes, especialmente o nitrogênio (N) (SÁ *et al.*, 2017).

Devido a desuniformidade de maturação, outro insumo importante para a cultura do sorgo são os maturadores químicos, que facilitam o planejamento da colheita e aumentam a produtividade agroindustrial. O Ethephon (ácido 2-cloroetil-fosfônico) é uma substância classificada como regulador de crescimento com ação sistêmica nos vegetais que traz benefícios para algumas culturas, como o sorgo. O produto é aplicado com o objetivo de acelerar e uniformizar o processo de maturação, possibilitando melhorias na qualidade da matéria-prima, resultados agroindustriais, econômicos e programação da safra, permitindo assim, o requerido manejo da cultura em seu moderno sistema de produção (BENEDINI; RICCI, 2009).

Esses reguladores vegetais podem modificar a morfologia e a fisiologia da planta, podendo levar a alterações qualitativas e quantitativas na produção agrícola, proporcionando incrementos do teor de sacarose, precocidade de maturação e aumento na produtividade (CAPUTO *et al.*, 2008).

Assim, objetivou-se avaliar o desenvolvimento e a produtividade de dois cultivares de sorgo, SILOTEC 20 e BRS 508, em função da aplicação de fósforo e Ethephon.

5 CONCLUSÃO

No cultivar de sorgo Silotec 20, o fósforo proporcionou aumento do diâmetro do colmo e o Ethephon uma redução na altura de plantas, favorecendo a produtividade.

A aplicação de fósforo e do Ethephon não interferiram nos aspectos nutricionais das plantas, que apresentam teores adequados de nutrientes.

No sorgo de dupla aptidão os teores de lignina e celulose se encontraram dentro da faixa adequada, não sendo afetados pelas doses de fósforo.

No cultivar de sorgo BRS 508, as doses de fósforo não afetaram significativamente a produtividade, porém aumentou o diâmetro do colmo proporcionando maior resistência das plantas.

Os parâmetros tecnológicos das plantas de sorgo sacarino não foram influenciados pelo uso de P e Ethephon.

As doses de Ethephon não influenciaram a produtividade do sorgo BRS 508, porém proporcionaram melhorias na qualidade tecnológica do caldo extraído, como redução nos teores de açúcares redutores, aumento na umidade e redução do teor de fibra.

REFERÊNCIAS

- ABELES, F.; MORGAN P.; SALTVEIT M. **Ethylene in plant biology**. San Diego: Academic, 1992.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Berlin, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ALVES, A. R.; PASCOAL, L. A. F.; CAMBUÍ, G. B.; TRAJANO, J. S.; SILVA, C. M.; GOIS, G. C. Fibra para ruminantes: aspecto nutricional, metodológico e funcional. **PUBVET**, Maringá, v. 10, n. 7, p. 513-579, 2016.
- ALVIM, M. J.; BROTEL, M. A.; REZENDE, H.; XAVIER, D. F. Avaliação sob pastejo do potencial forrageiro de gramíneas do gênero *Cynodon*, sob níveis de nitrogênio e potássio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 32, n. 1, p. 47-54, 2003.
- ARGENTA, F. M.; BRONDANI, I. L.; ALVES FILHO, D. C.; RESTLE, J.; SEGABINAZZI, L. R.; CATTELAM, J.; SILVA, V. S.; PAULA, P. C.; AZEVEDO JÚNIOR, R. L.; KLEIN, J. L.; ADAMS, S. M.; TEIXEIRA, O. S. Desempenho de novilhos alimentados com rações contendo silagem de capim papuã (*Urochloa plantaginea*) x silagem de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). **Ciências Agrárias**, v. 35, n. 2, p. 951-962, 2014.
- ASHBELL, G.; LISKER, N. Aerobic deterioration in maize silage stored in a bunker silo under farm conditions in a subtropical climate. **Journal Science**, v. 9, n. 26, p. 307-315, 1995.
- BARBOSA, M. H. P.; SILVEIRA, L. C. I.; MACÊDO, G. A. R.; PAES, J. M. V. Variedades melhoradas de cana-de-açúcar para Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 7, n. 15, p. 20-24, 2007.
- BARBOSA, J. C.; MALDONADO, J. W. **AgroEstat**: sistema para análises estatísticas de ensaios agronômicos. Jaboticabal: FCAV/UNESP, 2015. 396 p.
- BATISTA, P. A. A.; PIMENTEL, D. L.; BARROS, F. A.; MOREIRA, S. T.; DIAS, S. A. L. Produção de açúcares no caldo de sorgo sacarino avaliado em duas épocas de corte. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 17, n. 2, p. 263-273, 2018.
- BENEDINI, M. S.; RICCI, A. R. Respostas das variedades CTC a maturadores. **Revista Coplana**, Guariba, v. 56, p. 30-32, 2009.
- BERNARDES, P. M.; MENGARDA, L. H. G. Qualidade fisiológica de sementes de repolho de alta e baixa viabilidade sob estresse salino. **Nucleus**, Vitória, v. 12, n. 1, p. 77-88, 2015.
- CAMPOS, M. F.; ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D. Arquitetura de plantas de soja e a aplicação de reguladores vegetais. **Pesquisa Aplicada e Agrotecnologia**, Guarapuava, v. 3, n.4, p. 153-159, 2010.

CANTÃO, F. R. O. **Marcadores morfológicos de raiz em genótipos de milho contrastantes para tolerância à seca em resposta a estresses de fósforo e alumínio.** 2007. 108 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.

CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações técnicas de adubação e calagem para o estado de São Paulo.** 2. ed. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas. 1997. 57 p. (Boletim Técnico, 100).

CAPUTO, M. M.; BEAUCLAIR, E. G. F.; SILVA, M. A.; PIEDADE, S. M. S. Resposta de genótipos de cana-de-açúcar à aplicação de indutores de maturação. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 1, p. 15-23, 2008.

CAPUTO, M. M.; SILVA, M. A.; BEAUCLAIR, E. G. F.; GAYA, G. J. C. Acúmulo de sacarose, produtividade e florescimento de cana-de-açúcar sob reguladores vegetais. **Interciência**, Caracas, v. 32, n. 4, p. 834-840, 2007.

CAPUTO, M. M.; BEAUCLAIR, E. G. F.; SILVA, M. A.; PIEDADE, S. M. S. Resposta de genótipos de cana-de-açúcar à aplicação de indutores de maturação. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 1, p. 15-23, 2008.

CARMELLO, Q. A. C. Nutrição e adubação de mudas hortícolas. In: MINAMI, Q. **Produção de mudas de alta qualidade em horticultura.** São Paulo: T. A. Queiroz, 1995. p. 7-27.

CARNEIRO, J.G.A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais.** Curitiba: UFPR/FUPEF, Campos: UENF, 1995. 451 p.

CHIODEROLI, A. C. **Consortiação de braquiárias com milho outonal em sistema plantio direto como cultura antecessora da soja de verão na integração agricultura – pecuária.** 2010. 84 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Produção)- Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Ilha Solteira, 2010.

CHONG, B. F.; MILLS, E.; BONNETT, G. D.; GNANASAMBANDAM, A. Early exposure to ethylene modifies shoot development and increases sucrose accumulation rate in sugarcane. **Journal of Plant Growth Regulation**, New York, v. 29, p. 149-163, 2010.

COELHO, A. M. **Cultivo do sorgo.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2009. (Sistema de Produção Embrapa Milho e Sorgo, 2). Disponível em: www.cnpms.embrapa.br/sorgo.4ed/index.htm. Acesso em: 1 dez 2019.

COELHO, A. M.; WAQUIL, A. M.; KARAM, D.; CASELA, R. C.; RIBAS, P. M. Seja o doutor do seu sorgo. **Informações Agrônomicas**, Piracicaba, v. ..., n. 100, p. 1-24, 2012. (Arquivo do Agrônomo, 14).

COLL, J. B.; RODRIGO, G. N.; GARCIA, B. S. TAMÉS, R. S. **Fisiología vegetal.** Madrid: Ediciones Pirámide, 2001. 367 p.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Boletim da safra da cana-de-açúcar**. 4. levantamento: safra 2017/18. Brasília, DF, 2018. Disponível em: www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana/boletim-da-safra-de-cana-de-acucar. Acesso em: 28 nov 2019.

CONCEIÇÃO, A. G. C.; COELHO, C. C. R.; BEZERRA, M. G. A.; LIMA, S. V.; SALDANHA, E. C. M. Matéria verde e seca de milho (*Zea mays*) submetido a diferentes dosagens de fósforo. In: SEMINÁRIO ANUAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFRA, n. 15, 2012, Belém. **Anais** [...] Belém: UFRA, 2012.

CONSELHO DOS PRODUTORES DE CANA DE AÇÚCAR, AÇÚCAR, ÁLCOOL DO ESTADO DE SÃO PAULO – CONSECANA. **Manual de instruções**. Piracicaba: Consecana, 2006. 112 p.

CORREIA, R. M.; NASCIMENTO, C. W. A.; FREIRE, F. J.; SOUZA, S. K. S.; SILVA, G. B. Disponibilidade e níveis críticos de fósforo em milho e solos fertilizados com fontes fosfatadas. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 3, n. 3, p. 218-224, 2008.

COUTINHO, J. J. D. Efeito de aditivo em silagens de leguminosas forrageiras. **Ciência et Praxis**, Passos, v. 8, n. 15, p. 53–58, 2015.

CRUZ, C. V. **Efeito residual de fontes de fósforo e adubação fosfatada no crescimento do milho**. 2015. 43 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”- UNESP, Botucatu, 2015.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA- EMBRAPA. Sorgo sacarino: tecnologia agrônômica e industrial para alimentos e energia. **Revista Agroenergia**. Brasília, v. 6, n. 8, p. 176-183, 2011. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca.pdf>. Acesso em: 28 nov 2019.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA- EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2018. 353 p.

FAGERIA, N. K; MOREIRA, A. The role of mineral nutrition on root growth of crop plants. **Advances in Agronomy**, New York, v. 110, n. 1, p. 251-331, 2011.

FERNANDES, G. F; EVANGELISTA, A. F.; BORGES, L. S. Potencial de espécies forrageiras para produção de silagem: revisão de literatura. **Nutritime**, Piauí, v. 13, n. 3, p. 4652-4656, 2016.

FERNANDES, P. D; MIRANDA, R. S. Melhoramento genético e seleção de cultivares tolerantes à salinidade. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F.; GOMES FILHO, E. (ed.) **Manejo da salinidade na agricultura**: estudo básico e aplicados. Fortaleza.: INCTSal, 2011.

FOLONI, J. S. S.; TIRITAN, C. S.; CALONEGO, J. C.; ALVES JUNIOR, J. Aplicação de fosfato natural e reciclagem de fósforo por milheto, braquiária, milho e soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 32, n. 3, p. 1147-1155, 2008.

FORMIGA, M. S.; FERREIRA, A. C.; KALINE, D.; TRAVASSOS, K. D.; BARACUHY, J. G. V.; LIMA, V. L. A.; DANTAS, J. P. A marcha de absorção de nutrientes (NPK) no sorgo granífero sacarino. **Revista Educação Agrícola Superior**, Campina Grande, v. 27, n. 1, p. 3-12, 2012.

GIANFAGNA, T. J. Uses of natural and synthetic growth regulators. In: DAVIES, P. J. **Plant hormones: physiology, biochemistry and molecular biology**, 2. ed. [S. l.]: Kluwer Academic, 1995. p. 759-761.

GILL, M. A.; SALIM, R. M.; ZIA, M. S. Maize growth and uptake of phosphate and copper at different ambient phosphate concentrations. **Soil Science and Plant Nutrition**, Tokyo, v. 8, n. 4, p. 631-636, 2015.

GOMES, S. C. M. P. **Produção de etanol utilizando mix de sorgo BRS 508 e cana-de-açúcar em processo de maturação**. 2014. 51 f. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agropecuária) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho" - UNESP, Jaboticabal, 2014.

GOMIDE, A. L. O.; VELOSO, L. A.; LAVANHOLI, M. G. P. Uso dos maturadores químicos na cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*). **Nucleus**, Vitória, ed. esp., p.19-27, 2008.

GONTIJO NETO, M. M.; OBEID, J. A.; PEREIRA, O. G.; CECON, P. R.; CÂNDIDO, M. J. D.; MIRANDA, L. F. Híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) cultivados sob níveis crescentes de adubação. Rendimento, proteína bruta e digestibilidade in vitro. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 4, p. 1640-1647, 2002.

GUIMARÃES, F. S. *et al.* Doses e época de aplicação regulador de crescimento na cultura do milho. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA – UNESP, 21., 2009, Rosana. **Anais [...]** Rosana: Unesp, 2009.

IBRAHIM, G. H. F. **Perfil fermentativo das silagens de seis genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench)**. 2007. 41 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

KHALIL, S. R. A.; ABDELHAFEZ, A. A.; AMER, E. A. M. Evaluation of bioethanol production from juice and bagasse of some sweet sorghum varieties. **Annals: Agricultural Sciences**, Poznan, v. 60, n. 2, p. 317-324, 2015.

KHOSRAVI, G. R.; ANDERSON, I. C. Growth, yeld, and yeld componentes of ethephon-treated corn. **Plant Growth Regulation**, Dordrecht, v. 10, n. 1, p. 27-36, 1991.

KLINK, U. **Melhoramento genético do sorgo para a produção de etanol**. [S. l.: s. n.], 2010. Disponível em: http://www.infobibos.com/Artigos/2010_4/sorgo/index.htm. Acesso em: 30 nov. 2019.

LEÃO, D. A. S.; FREIRE, A. L. O.; MIRANDA, J. R. P. Estado nutricional de sorgo cultivado sob estresse hídrico e adubação fosfatada. **Revista Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 1, p. 74-79, 2011.

LEITE, M. L. V. **Crescimento vegetativo do sorgo sudão (*Sorghum sundanense* (Piper) stapf) em função da disponibilidade de água no solo e fontes de fósforo.** 2016. 51 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Engenharia, Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2016.

LI, Y., SOLOMON, S. Ethephon: a versatile growth regulator for sugarcane industry. **Sugar Tech**, New Delhi, v. 5, n. 33, p. 213-233, 2003.

LÓPEZ-BUCIO, J. L. HERNÁNDEZ-ABREU, E.; SÁNCHEZ-CALDERÓN, L.; NIETO-JACOBO, M. F.; SIMPSON, J.; HERRERA-ESTRELLA, L. Phosphate availability alters architecture and cause changes in hormone sensitivity in the Arabidopsis root system. **Plant Physiology**, Waterbury, v. 129, n. 1, p. 244-256, 2002.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; SCHAFFERT, R. E. **Fisiologia do sorgo.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2010. 46 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas:** princípios e aplicações. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 201 p.

MARTINEZ, H. E. P.; CARVALHO, J.; SOUZA, R. B. Diagnose foliar. *In*: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. V. H. **Recomendação para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais:** 5ª Aproximação. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p.143-168.

MARTINS, R. G. R.; GONCALVES, L. C.; RODRIGUES, J. A. S.; RODRIGUEZ, I. BORGES, A. L. C. C. Consumo e digestibilidade aparente das frações fibrosas de silagens de quatro genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) por ovinos. **Brasileira Medicina Veterinária**, v. 55, n. 62, p. 346-349, 2008.

MASSON, I. S. **Produção de bioetanol a partir da fermentação de caldo de sorgo sacarino e cana-de-açúcar.** 2013. 62 f. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agropecuária)- Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”- UNESP, Jaboticabal, 2013. 62 p.

MAY, A.; MENDES, S. M.; SILVA, D. D.; PARRELLA, R. A. C.; MIRANDA, R. A.; SILVA, A. F.; PACHECO, T. F.; AQUINO, L. A.; COTA, L. V.; COSTA, R. V.; KARAM, D.; PARRELLA, N. N. L. D.; SCHAFFERT, R. E. **Cultivo de sorgo BRS 508 em áreas de reforma de canaviais.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2013. 36 p. (Circular Técnica, 186).

MCDONALD, P. **The biochemistry of silage.** New York: John Willey & Sons, 1981. 226 p.

MOREIRA, B. R. A.; CUNHA, M. O.; MATEUS, G. P.; VIANA, R. S. Technological profile of sweet sorghum cv. cmsxs-646 juice submitted to chemical ripeners application and sampling periods. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 17, n. 24, p. 420-430, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v17n3p420-430>.

MUHWIRIDZWA, M.; MANENJI, B. T.; MADANZI, T.; MAHOHOMA, W. Evaluating the effects of chemical ripening with fluazifop-p-butyl on sugarcane (*Saccharum officinarum*) yield and sugar content. **International Journal of Plant e Soil Science**, v. 9, p.1-8, 2016.

NEUMANN, M.; RESTLE, J.; BRONDANI, I. L.; NÖRNBERG, J. L.; MELLO, R. O.; SOUZA, A. N. M.; PELLEGRINI, L. G. Efeito do tamanho da partícula e do tipo de silo sobre o valor nutritivo da silagem de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench). **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 4, p. 224-242, 2011.

OLIVEIRA, E. C. A.; FREIRE, F. J.; OLIVEIRA, R. I.; OLIVEIRA, A. C.; FREIRE, M. B. G. S. Acúmulo e alocação de nutrientes em cana-de-açúcar. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 42, n. 3, p. 579-588, 2011. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/21461/1%AAnio.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2019.

OLIVEIRA, L. B.; PIRES, A. J. V.; CARVALHO, G. G. P.; RIBEIRO, L. S. O.; ALMEIDA, V. V.; PEIXOTO, C. A. M. Perdas e valor nutritivo de silagens de milho, sorgo-sudão, sorgo forrageiro e girassol. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 39, p. 61-67, 2010.

OLIVEIRA, V. D. S. Carboidratos fibrosos e não fibrosos na dieta de ruminantes e seus efeitos sobre a microbiota ruminal. **Veterinária Notícias**, Uberlândia, v. 22, n. 2, p. 01-18, 2016.

PINHO, R. M. A.; SANTOS, E. M.; OLIVEIRA, J. S. Sorghum cultivars of different purposes silage. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 45, n. 2, p. 298-303, 2015.

RADEMACHER, W. Growth retardants: effects on gibberellin. **Annual Review of the USA**, Washington, v. 109, n. 14, p. 5535-5540, 2013.

RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: IAC, 1997. 285 p. (Boletim Técnico, 100).

RAMOS, S. J.; FAQUIN, V.; RODRIGUES, C. R. R.; SILVA, C. A. Efeito residual das aplicações de fontes de fósforo em gramíneas forrageiras sobre o cultivo sucessivo da soja em vasos. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 1, p. 149-155, 2010.

REGASSA, T. H.; WORTMANN, C. S. Sweet sorghum as a bioenergy crop: Literature review. **Biomass and Bioenergy**, Oxford, v. 64, p. 348-355, 2014.

REIS, R. M. **Produtividade e manejo de plantas daninhas no sorgo BRS 508 cultivado em diferentes arranjos de plantas**. 2014. 56 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2014.

RHEINHEIMER, D. S.; ANGHINONI, I. Distribuição do fósforo inorgânico em sistemas de manejo de solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 36, p. 151-160, 2001.

RIBAS, M. N. **Avaliação agronômica e nutricional de híbridos de sorgo com capinsudão, normais e mutantes bmr: portadores de nervura marrom.** 2010. 140 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

ROBERTO, G. G.; CUNHA, C.; SALES, C. R. G.; SILVEIRA, N. M.; RIBEIRO, R. V.; MACHADO, E. C.; LAGÔA, A. M. M. A. Variation of photosynthesis and carbohydrate levels induced by ethephon and water deficit on the ripening stage of sugarcane. **Bragantia**, Campinas, v. 74, n. 4, p. 379-386, 2015.

SÁ, F. V. S; BRITO, M. E. B; SILVA, L. A.; MOREIRA, R. C. L; FERNANDES, P. D; FIGUEIREDO, L. C; MELO, A.S; PAIVA E. P. Physiology and phytomass of saccharine sorghum (*Sorghum bicolor*) in saline-sodic soil treated with correctives and single superphosphate. **Australian Journal of Crop Science**, Lismore, v. 11, n. 10, p. 1290-1296, 2017.

SANTOS, C. S. A. **Capim marandu submetido à inoculação com bactérias diazotróficas associativas em latossolo vermelho de Cerrado.** 2013. 69 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Instituto de Ciências Agrárias e Tecnológicas, Universidade Federal de Mato Grosso, Rondonópolis, 2015.

SANTOS, F.C.; ANTONIO FILHO, M. R.; RESENDE, A. V.; OLIVEIRA, A. C. **Efeito da adubação de cobertura com nitrogênio e potássio na cultura do sorgo biomassa.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2013. 36 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 73).

SANTOS, H. C.; OLIVEIRA, F. H. T.; SOUZA, A. P.; SALCEDO, I. H.; SILVA, V. D. M. Disponibilidade de fósforo em função do seu tempo de contato com diferentes solos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v. 20, n. 11, p. 996-1001, 2016.

SANTOS, H. Q.; FONSECA, D. M.; CANTARUTTI, R. B.; ALVAREZ, V. H.; NASCIMENTO JÚNIOR, D. Níveis críticos de fósforo no solo e na planta para gramíneas forrageiras tropicais, em diferentes idades. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Campinas, v. 26, n. 32, p. 173-182, 2002.

SILVA, J. V. S.; CRUZ, S. C. S.; ALOVISI, A. M. T.; KURIHARA, C. H.; XAVIER, A. D.; MARTINEZ, M. A. Adubação fosfatada no feijoeiro cultivado sob palhada de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 65, n. 2, p. 181-188, 2018.

SILVA, M. A.; GAVA, C. J. G.; CAPUTO, M. M.; PINCELLI, P. R.; JERONIMO, M. E. Uso de reguladores de crescimento como potencializadores do perfilhamento e da produtividade em cana-soca. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 4, p. 545-552, 2007. ISSN 0006-8705. <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052007000400003>.

SILVA, T. C. E.M. SANTOS, C. H. O.; MACEDO, M. A.; LIMA, J. A. G.; AZEVEDO, R. M. A.; PINHO, A. F.; PERAZZO, J. S. Oliveira. Cinética de fermentação ruminal in vitro de silagens de híbridos de sorgo. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 66, n. 6, p. 1865-1873, 2014.

SIMON, J. E.; LOURENÇO JÚNIOR, J. B.; FERREIRA, G. D. G.; SANTOS, N. F. A.; NAHUM, B. S.; MONTEIRO, E. M. M. Consumo e digestibilidade de silagem de sorgo como alternativa para alimentação suplementar de ruminantes na Amazônia oriental. **Amazônia: Ciência e Desenvolvimento**, Manaus, v. 4, n. 10, p. 28-30, 2009.

SOUZA, R. M. D; SOBRAL, L. F.; VIÉGAS, P. R. A.; OLIVEIRA JÚNIOR, A.; CARVALHO, M. C. S. Agronomic efficiency of rock phosphates in a soil with high exchangeable calcium content. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 38, p.1816-1825, 2014.

STEARNS, J.; GLICK, B. Transgenic plants with altered ethylene biosynthesis or perception. **Biotechnology Advances**, New York, v.7, n.15, p. 193-210, 2003.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 526 p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6th. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

VALADARES FILHO, S. C.; MACHADO, P. A. S.; CHIZZOTTI, M. L. **CQBAL 3.0**: tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos. [S. l.: s. n.], 2013. Disponível em: www.ufv.br/cqbal. Acesso em: 16 nov. 2019.

VALDERRAMA, M.; BUZETTI, S.; BENETT, C. G. S.; ANDREOTTI, M.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M. Fontes e doses de NPK em milho irrigado sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 2, p. 254-263, 2011.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed. New York: Cornell University Press, 2013. 476 p.

VIANA, R. S; FIGUEIREDO, P. A. M.; LISBOA, L. A. M.; SÁ, M. E.; MAY, A. Aplicação de fitorreguladores químicos na qualidade tecnológica do sorgo sacarino cv. Biomatrix 535. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 8, n. 12, p. 326-334, 2016.

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

WANG, N.; SHIH, M.; LI, N. The GUS reporter-aided analysis of the promoter activities of Arabidopsis ACC synthase genes AtACS4, AtACS5, and AtACS7 induced by hormones and stresses. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 5, n. 8, p. 909-920, 2005.

YANG, X. Technical feasibility and comprehensive sustainability assessment of sweet sorghum for bioethanol production in China. **Sustainability**, London, v. 10, n. 2, p. 1-18, 2018.

ZAGO, C. P. Cultura de sorgo para produção de silagem de alto valor nutritivo. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 4., 1991, Piracicaba. **Anais [...]** Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários “Luiz de Queiroz”, 1991. p. 169-217.