

**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

A553a Andrade, Maria Gabriela de Oliveira.
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.

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 Mestre em AGRONOMIA, área:
Sistemas de Produção pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. RONALDO DA SILVA VIANA 
Curso de Engenharia Agrônoma / 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. Phytohormone. 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.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 SORGO (*Sorghum bicolor* L. Moench)

O sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) pertence à família Poaceae, natural do continente africano. É o quinto cereal de maior importância em cultivo no mundo, sendo componente importante da alimentação humana das regiões áridas e semiáridas (YANG, 2018). No Brasil, seu cultivo alcança 612 mil hectares e produtividade média de 2.756 kg ha⁻¹ (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO- CONAB, 2018).

É uma planta de metabolismo fotossintético C4, ou seja, apresenta elevada taxa fotossintética e baixa taxa de fotorrespiração, o que lhe confere grande capacidade de produção de fitomassa, principalmente nos sorgos sacarino e forrageiro (PINHO *et al.*, 2015).

O sistema radicular profundo e ramificado confere ao sorgo mecanismos específicos de tolerância e resistência ao estresse hídrico, uma vez que em exposto, ocorre uma queda no metabolismo da planta e conseqüentemente murcha, recuperando-se em eventos de disponibilidade hídrica (SANTOS, 2015). Nas folhas, ocorre um acúmulo de cera que conferem a planta de sorgo menor perda de água por evapotranspiração. Para produzir um kg de matéria seca, o sorgo necessita de 300 litros de água, enquanto que em culturas como o milho, trigo e cana-de-açúcar necessitam respectivamente de 370, 500 e 600 litros de água por kg de matéria seca (GOMES, 2014).

Existem cinco grupos em que os sorgos podem ser classificados, sendo: granífero; forrageiro para silagem e/ou sacarino; forrageiro para pastejo/corte verde/fenação/cobertura morta; vassoura, e esses apresentam características diferentes, variando de acordo com o ciclo, o porte das plantas, a capacidade de produção de massa seca e de grãos (RIBAS, 2010).

O sorgo sacarino apresenta como característica o porte alto, podendo atingir mais de três metros de altura, baixa produção de sementes e tem como principal característica os colmos ricos em açúcares, com valores de Brix que variam de 11 a 18%. A temperatura ótima para a maioria dos materiais genéticos, que normalmente apresentam sensibilidade ao fotoperíodo, situa-se entre 16 e 32°C (REGASSA; WORTMANN, 2014).

Pesquisas com sorgo sacarino foram retomadas nos últimos anos em função das exigências ambientais para a redução de emissão de gases de efeito estufa, o que

possibilita ampliação da cultura no Brasil, uma vez que constitui matéria-prima para a produção de etanol. Outros países como a China, Índia, União Europeia, EUA e Austrália também têm investido no sorgo sacarino como possibilidade real para produção e uso do etanol de 1ª e 2ª geração, reduzindo a dependência de energia de origem fóssil (YANG, 2018).

Pode ser uma alternativa para as usinas sucroenergéticas, uma vez que é pouco exigente em insumos, além de poder ser produzido na entressafra, minimizando os custos fixos em função de maior produção de etanol. É uma escolha viável para aumentar a quantidade produzida de etanol no Brasil, podendo proporcionar até 50% a mais deste biocombustível no mercado (KLINK, 2010).

Não há a necessidade de mudanças estruturais, logísticas e operacional das usinas, pelo fato desta cultura permitir que sua colheita seja realizada com os mesmos maquinários utilizados para a cana-de-açúcar. O período ideal de colheita ocorre justamente na entressafra de cana-de-açúcar, quando a produção de etanol por hectare é máxima no sorgo e da cana-de-açúcar ainda está muito abaixo do seu potencial máximo produtivo (MAY *et al.*, 2013).

Comparando características agroindustriais da cana-de-açúcar e do sorgo sacarino observa-se que, embora o sorgo apresente algumas características inferiores aos da cana-de-açúcar, deve-se considerar que a espécie tem um ciclo menor que possibilita o seu cultivo em duas safras no ano, com menores requerimentos de insumos agrícolas (GOMES, 2014). Os açúcares fermentáveis do sorgo sacarino têm potencial para produzir até 8.000 litros de etanol por hectare, isso representaria rendimento de duas vezes o potencial de produção de etanol a partir de grãos de milho ou ainda 30 % maior do que a média da cana-de-açúcar brasileira, que é de aproximadamente 6.000 L ha⁻¹ (REIS, 2014).

Já o sorgo forrageiro que pode ser usado com dois propósitos, forrageiro e/ou sacarino, inclui plantas de porte alto apropriados para confecção de silagem e/ou produção de açúcar e álcool. As plantas são utilizados para grãos e forragem, e apresentam elevada produção de massa verde e grãos que conferem alta qualidade da silagem (COELHO, 2012).

O sorgo forrageiro ocupa posição de destaque na produção de silagem por apresentar alto valor nutritivo, e de fácil adaptação às regiões secas podendo ser utilizado como planta in natura, silagem, feno, produção de grãos e, ainda, como pastejo direto pelos animais (ARGENTA *et al.*, 2014). O cultivo de sorgo tem colaborado para a

oferta de alimentos de boa qualidade alimentar, de baixo custo, tanto para pecuaristas como para a agroindústria de rações (COELHO *et al.*, 2009).

A produção de silagem é considerada a principal alternativa para solução do problema de escassez de alimento para os animais que se encontram em regiões com ocorrência de período de seca extenso, onde ocorre queda da produção e qualidade de forragens. Permite que se tenha forragem de alto valor nutritivo durante todo ano, através de uma técnica de conservação de alimento de fácil aplicação e bem dominada (COUTINHO *et al.*, 2015). A silagem fornecida aos animais no período de estiagem permite que o rebanho entre no período chuvoso com bom score corporal, reduzindo o custo de produção e idade produtiva dos animais (FERNANDES *et al.*, 2016).

2.2 FÓSFORO NA AGRICULTURA

Os nutrientes têm funções essenciais e específicas no metabolismo das plantas. Assim, quando um dos nutrientes essenciais não está presente em valores adequados ou em condições que o tornem de baixa disponibilidade, a sua deficiência nas células promove alterações no seu metabolismo (TAIZ *et al.*, 2017).

O fósforo (P) é o nutriente que mais limita a produtividade em solos tropicais e cerca de 70% dos solos brasileiros cultivados apresentam alguma deficiência na disponibilidade desse elemento (SANTOS *et al.*, 2002). A deficiência se manifesta principalmente nas regiões de Cerrado onde se encontram os LATOSSOLOS, que pela sua constituição oxídica da fração argila apresentam alta complexação do nutriente e, portanto, torna-se fator de restrição para a produção das culturas agrícolas (VALDERRAMA *et al.*, 2011). Os teores totais em solos tropicais variam de 200 a 3.000 mg dm⁻³; porém, a quantidade disponível para a planta é de aproximadamente 0,1% desse total (CORRÊA *et al.*, 2008).

As plantas requerem quantidades de fósforo relativamente pequenas quando comparadas com o nitrogênio e o potássio. No entanto, para a correção da deficiência de fósforo, é necessária uma grande quantidade de adubo fosfatado, e isso é explicado pelo fato decorrente da alta capacidade de adsorção do fósforo adicionado ao solo, reduzindo sua disponibilidade às plantas (CONCEIÇÃO *et al.*, 2012).

Na planta, o fósforo, na forma de fosfato, pode compor desde moléculas simples a mais complexas, sendo componente chave em moléculas, como ácido fítico, coenzimas, açúcares-fosfato, nucleotídeos, ácidos nucléicos e fosfolipídios. Está

envolvido em sua forma inorgânica, no transporte de elétrons, no controle de reações enzimáticas e na regulação de vias metabólicas (CANTÃO, 2007).

O fósforo, é essencial ao crescimento, acúmulo de matéria seca, desenvolvimento, reprodução das plantas, e está associado à fotossíntese, divisão celular e utilização de açúcares e amido (LÓPEZ-BUCIO *et al.*, 2002). Quando disponibilizado em doses adequadas tem a capacidade de aumentar a eficácia da utilização de água pela planta, assim como a absorção e utilização de outros nutrientes (SANTOS *et al.*, 2016). Este nutriente é essencial para o desenvolvimento radicular e perfilhamento, passando a sua deficiência a limitar a capacidade produtiva das culturas (SILVA *et al.*, 2018).

Quando aplicado através de fertilizantes minerais, o fósforo é adsorvido rapidamente pelos óxidos de Fe e Al (CRUZ, 2015), e isso explica a baixa eficiência da adubação fosfatada e assim, a necessidade de elevadas quantidades do nutriente a serem utilizadas na adubação das culturas.

O cultivo nos solos da região do Cerrado só é possível com a correção da acidez e o manejo da adubação fosfatada, pois o P é um dos elementos que mais limita a produção nessas áreas de produção (SILVA *et al.*, 2018). Desta maneira, são elevados os gastos com a adubação fosfatada e podem variar de acordo com a fonte utilizada e o tempo de retorno do investimento. Deve se programar ao decorrer do tempo o manejo da fertilidade do solo em relação ao fósforo, pois uma pequena fração do mesmo é aproveitada no primeiro ano de cultivo, e o restante passa a ser disponibilizado as plantas a longo prazo (CORRÊA *et al.*, 2008).

O uso do superfosfato simples tem tido preferência no fornecimento de fósforo às plantas porque, além do fósforo, contem cálcio e enxofre em sua composição química (CARMELLO, 1995). Estudos de adubação fosfatada têm demonstrado aumento da massa seca de raiz com incremento na absorção de nutrientes nas culturas do milho, soja e algodão (FAGERIA; MOREIRA, 2011).

Como fontes de P, Ramos *et al.* (2010) testaram o superfosfato triplo em gramíneas forrageiras, e os resultados mostraram que o sorgo, cultivado em LATOSSOLO, apresentou melhores resultados de produção de massa seca, quando recebeu 250 mg dm⁻³ de P na forma de superfosfato triplo.

Alvim *et al.* (2003) relatam que além da necessidade da planta ser adaptada as condições climáticas da região o seu potencial forrageiro é maximizado quando a fertilidade do solo atende as suas exigências, neste sentido o fósforo é essencial, para

garantir o crescimento das plantas, sendo um dos mais importantes fatores limitantes, em termos nutricionais.

Desse modo fica explícito que a falta de adubação ou aplicações inadequadas da adubação fosfatada podem prejudicar o potencial produtivo da cultura do sorgo, provocando perda de produção de grãos e matéria seca (GONTIJO NETO *et al.*, 2002). O desenvolvimento da cultura do sorgo para atingir altas produtividades depende da realização da adubação de forma adequada, de modo a proporcionar a disponibilidade de nutrientes em períodos de desenvolvimento da planta de maior demanda nutricional.

2.3 ETEPHON

A utilização de maturadores químicos, também definidos como fitorreguladores, que são substâncias sintéticas com ações similares aos hormônios das plantas, vem tornando-se cada vez mais frequentes. Esses são aplicados com a finalidade de antecipar o processo de maturação, promover melhorias na qualidade da matéria-prima, aperfeiçoar os resultados agroindustriais e econômicos e auxiliar no planejamento da safra, permitindo o indispensável manejo da cultura no sistema de produção (MUHWIRIDZWA *et al.*, 2016).

No Brasil, os fitorreguladores são classificados como inibidores ou reguladores de crescimento (MOREIRA *et al.*, 2018). O Ethephon (ácido 2-cloroetilfosfônico), grupo formador de etileno, é um regulador de crescimento de plantas com propriedades sistêmicas. Após a aplicação do Ethephon nas plantas, para que o mesmo seja convertido em etileno são necessários altos valores de pH no tecido vegetal, desse modo o mesmo é quebrado em etileno e íons fosfato e cloreto, e o etileno é absorvido pelas células (GIANFAGNA, 1995).

O etileno é um hormônio vegetal gasoso sintetizado pela maioria dos tecidos vegetais (STEARNS; GLICK, 2003) envolvido em processos fisiológicos, inclusive abscisão e senescência foliar, inibição do florescimento, germinação da semente e alongamento celular de diversas plantas (ABELES *et al.*, 1992), participando também da resposta ao estresse biótico e abiótico (WANG *et al.*, 2005).

O etileno também atua como inibidor da divisão celular, expansão celular e transporte de auxina, proporcionando efeito expressivo na redução do crescimento do caule em comprimento, entretanto, promove sua expansão radial e orientação horizontal (COLL *et al.*, 2001).

Esses compostos favorecem o acúmulo mais uniforme de açúcares nos entrenós da região apical, que normalmente são imaturos do sorgo e da cana de açúcar. São aplicados com a finalidade de antecipar o processo de maturação, de promover melhorias na qualidade da matéria-prima a ser processada, de otimizar os resultados agroindustriais e econômicos, além de auxiliar no planejamento da safra do sorgo e da cana-de-açúcar (VIANA *et al.*, 2016).

Estudos indicaram que a exposição de plantas de sorgo e cana-de-açúcar ao etileno logo após a germinação, inibe o crescimento de entrenós e aumenta a sua produção, além de estimular a formação precoce do colmo e do acúmulo de sacarose, resultando em plantas formadas por maior número de entrenós com elevado e precoce acúmulo de sacarose (CHONG *et al.*, 2010). Trabalhando com reguladores de crescimento como potencializadores do perfilhamento e da produtividade em cana-soca, Silva *et al.* (2007), verificaram que o Ethephon promoveu maiores produtividades de colmos e de açúcar.

O uso de maturadores químicos na cultura do sorgo ainda é algo recente e são necessárias muitas pesquisas para conhecer melhor algumas implicações na qualidade da matéria-prima e aspectos tecnológicos da cultura.

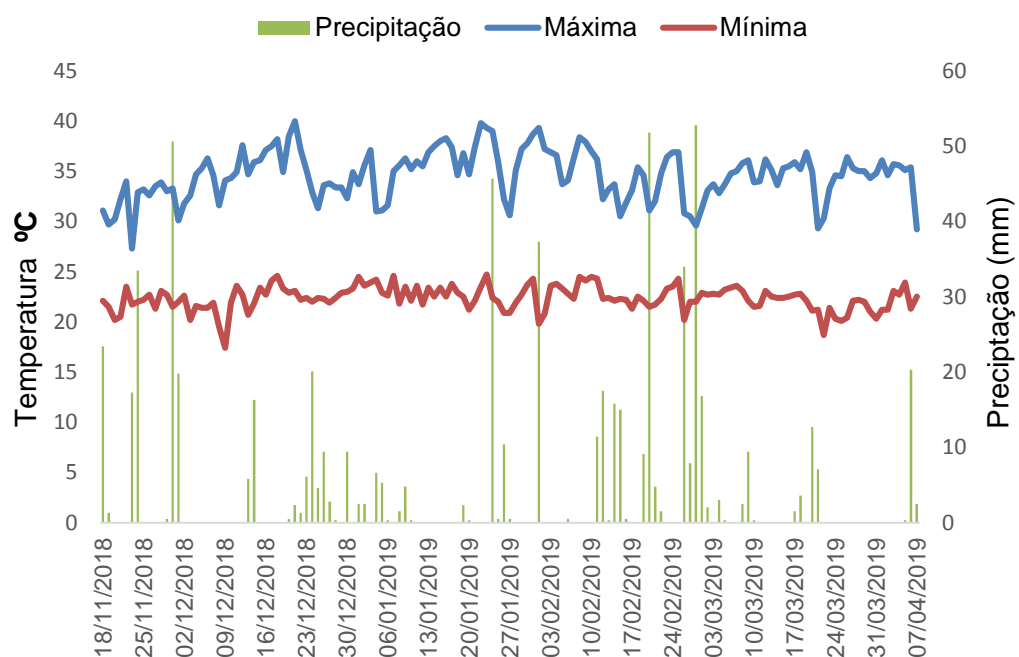
3 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram instalados e conduzidos na Fazenda de Ensino e Pesquisa e Extensão (FEPE), pertencente à Faculdade de Engenharia do Campus de Ilha Solteira da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP), localizada no Município de Selvíria (MS), com coordenadas geográficas 20° 22' 02" S e 51° 25' 08" W.

O clima da região é do tipo Aw segundo a classificação de Köppen, apresentando temperatura média anual de 23 °C, com precipitação pluvial anual média de 1.322 mm e umidade relativa do ar média anual de 66 % (ALVARES *et al.*, 2013).

Foram obtidos os dados de precipitação pluvial e temperaturas máxima e mínimas diárias ocorridas nas áreas experimentais, durante a condução dos experimentos(Figura1).

Figura 1 - Dados de precipitação pluvial e temperaturas médias do ar no período de 18 de novembro de 2018 a 7 de abril de 2019



Fonte: Elaboração do autor.

O solo das áreas experimentais é classificado como LATOSSOLO VERMELHO distrófico, textura argilosa (MPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA-EMBRAPA, 2018). Antes da implantação do experimento realizou-se a análise

química do solo (Tabela 1), conforme Raij *et al* (1997). Realizou-se a correção e adubação do solo da área experimental seguindo as recomendações para o Estado de São Paulo (RAIJ *et al.*, 1997).

Tabela 1 - Análise química do solo das áreas experimentais localizada na Fazenda de Ensino e Pesquisa e Extensão (FEPE), pertencente à Faculdade de Engenharia do Campus de Ilha Solteira. Selviria, (MS), 2018.

P	MO	pH	Ca	Mg	K	H+Al	Al	SB	CTC	V%	Ca/CTC	Mg/CTC	M
(mg dm ⁻³)	(g dm ⁻³)	(CaCl ₂)	(mmol _c dm ⁻³)							(%)			
16	23	4,7	17	13	4,5	34	3	34,5	68,5	50	25	19	8

Nota: Onde: P - fósforo disponível, MO - teor de matéria orgânica, pH - potencial hidrogeniônico, Ca - cálcio trocável, Mg - magnésio trocável, K - potássio trocável, H+Al - acidez potencial, Al - alumínio trocável, SB - soma de bases, CTC - capacidade de troca catiônica a pH 7, V% - saturação por bases, m% - saturação por alumínio.

Fonte: Elaboração do autor.

A semeadura do experimento da cultivar de sorgo Silotec 20, ocorreu no dia 18 de novembro de 2018, e da cultivar BRS 508 no período de 18 de dezembro de 2018, sendo colhidas em 7 de abril de 2019. As parcelas experimentais foram constituídas de 6 linhas, espaçadas por 0,85 m, para cultivar Silotec 20, e 0,45m para cultivar BRS 508, com 5 m de comprimento. As duas linhas laterais de cada lado foram tomadas como bordadura, sendo então as amostras colhidas nas 2 linhas centrais com densidade de 10 a 12 plantas por metro linear. Os tratamentos fitossanitários das plantas de sorgo ocorreram conforme as recomendações técnicas da cultura (EMBRAPA, 2018).

Os delineamentos experimentais foram em blocos ao acaso, em esquema fatorial 5x4, sendo cinco doses de fósforo (0, 40, 80, 120 e 160 kg ha⁻¹ de P₂O₅), tendo como fonte o superfosfato simples (18% P₂O₅, 16% Ca, 8% S), com o adubo aplicado no sulco de semeadura e quatro doses do fitoregulador Ethephon (0, 330, 660 e 1.320 mL ha⁻¹) aplicados no período de indução floral, com quatro repetições, totalizando 80 parcelas.

A aplicação do Ethephon foi realizada 60 dias após a semeadura. Utilizou-se um pulverizador com CO₂ pressurizado, com uma barra de 3 m de comprimento, em forma de T, com 6 pontas AXI 11002 com jatos plano espaçados em 0,5 m. A barra foi colocada horizontalmente apoiada sobre outras duas barras verticais que manteve a barra pulverizadora a ±0,50 m acima do nível da cultura com um volume de calda de 150 L ha⁻¹. A aplicação foi realizada durante o período de 07:00 horas às 10:00

horas, onde se observou pouca ocorrência de ventos, com a temperatura ao redor de 25 a 30° C e a umidade relativa entre 60-80%.

Foram realizadas as seguintes avaliações: altura média de plantas, com auxílio de régua graduada em centímetros, sendo medida a distância entre o colo e a panícula, diâmetro basal do colmo com paquímetro, aos 15, 30, 45 e 60 dias após a aplicação (D.A.A) de Ethephon. Foram avaliadas três plantas aleatoriamente na área útil de cada parcela experimental. Aos 15 e 60 dias após a aplicação (DAA) do Ethephon, foram realizadas as contagens de plantas para determinação da população de plantas.

No dia 7 de abril de 2019, por ocasião da colheita, foram cortadas e pesadas três plantas inteiras por parcela, obtendo assim a biomassa fresca. Após a pesagem as plantas foram encaminhadas para estufa a 65°C e pesadas após um período de 72 horas, obtendo a biomassa seca, e produtividade de colmo (CHIODEROLI, 2010).

A biomassa seca das três plantas foram moídas e posteriormente acondicionada em sacos plásticos que depois de fechados e identificados foram levados para determinação dos macronutrientes, conforme metodologia descrita por Malavolta *et al.* (1997).

Somente para a cultivar Silotec 20 foram realizadas as análises bromatológicas, sendo as amostras obtidas após a secagem, moídas e encaminhadas para o Laboratório de Bromatologia da Unesp - Ilha Solteira, onde foram analisados os teores de biomassa seca definitiva a 105°C para determinação do teor de proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), celulose (Cel), cinzas (CZ), extrato etéreo (EE), lignina (Lig), seguindo a metodologia proposta por Van Soest (1967).

Por ocasião da colheita, somente na cultivar BRS 508, foram coletadas 20 plantas por parcela para realização das análises tecnológicas, e encaminhadas para o Laboratório de pagamento de cana da Usina Caeté, Unidade Paulicélia, onde material foi processado e determinadas as variáveis tecnológicas: teor de sólidos solúveis (BRIX %); açúcares redutores (AR %); teor de sacarose (POL %); açúcares redutores totais (ART %); fibra (%); pureza (%) e umidade (CONSELHO DE PRODUTORES DE CANA-DE-AÇÚCAR, AÇÚCAR E ETANOL DO ESTADO DE SÃO PAULO- CONSECAN, 2006).

Os dados foram submetidos a análise de variância pelo teste F. Os fatores foram avaliados pela análise de regressão, a 5% de significância, utilizando o software Agroestat (BARBOSA; MALDONADO JÚNIOR, 2015).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 EXPERIMENTO 1. SORGO SILOTEC 20

Não houve interações significativas entre os fatores doses de P e doses de Ethephon para variável stand de plantas nas duas épocas de avaliação. O stand de plantas de sorgo dupla aptidão foi significativo para o fator doses de Ethephon aos 15 dias, ajustando-se a uma função quadrática (Tabela 3).

Tabela 3 - Análise de variância e regressão para stand de plantas de sorgo Silotec 20 aos 15 e 60 dias após a aplicação de Ethephon. Selvíria (MS), 2019.

Tratamentos	Stand de plantas	
	15	60
DP (kg ha ⁻¹)		
0	9,93	9,56
40	10,16	9,31
80	9,83	9,43
120	9,77	9,81
160	9,74	9,68
DE (mL ha ⁻¹)		
0	10,36	9,25
330	9,83	10,05
660	9,18	9,20
1320	10,18	9,75
Teste F		
DP	0,25 ^{ns}	0,12 ^{ns}
DE	2,89*	0,65 ^{ns}
DP x DE	1,45 ^{ns}	0,73 ^{ns}
Média	9,89	9,56
CV (%)	13,86	23,64
R. Linear (DP)	0,50 ^{ns}	0,18 ^{ns}
R. Quadrática(DP)	0,03 ^{ns}	0,06 ^{ns}
R. Linear (DE)	0,12 ^{ns}	0,12 ^{ns}
R. Quadrática(DE)	7,87**	0,00 ^{ns}

Nota: R: Regressão, DP: Doses de Fósforo, DE: Doses de Ethephon, ** significativo a 1%, * significativo a 5%; ns não significativo pelo teste F.

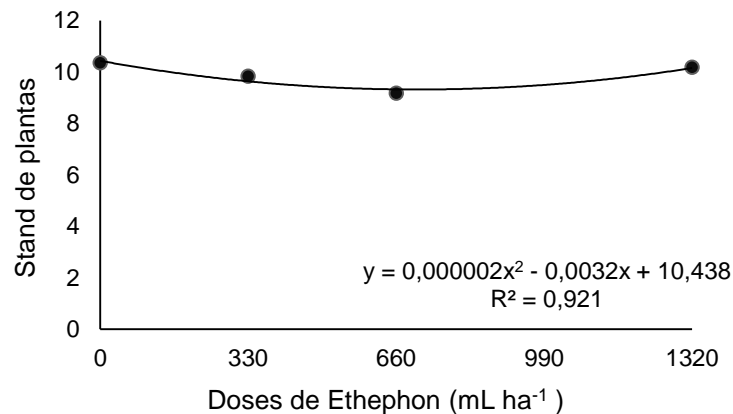
Fonte: Elaboração do próprio autor.

O stand de plantas de sorgo caiu com a aplicação de Ethephon, atingindo o menor valor com a dose de 800 mLha. Em seguida o stand aumentou atingindo 9,7

plantas na maior dose (1320 mLha), no entanto, ainda ficou 9,7% abaixo do stand obtido na testemunha. Em suma, as doses aplicadas de Ethephon foram prejudiciais para o stand de sorgo, no entanto, é possível resultados favoráveis com doses mais altas, pela tendência de crescimento observado na Figura 3.

Esses resultados contrapõe as observações de Li e Solomon (2003), que afirmam que a aplicação do regulador melhoram o stand de plantas de sorgo e de cana de açúcar.

Figura 3 - Stand de plantas do sorgo Silotec 20, aos 15 D.A.A, em função das doses de Ethephon.



Fonte: Elaboração do próprio autor.

Foi observado efeito de doses de P para diâmetro de colmo aos 30 D.A.A de Ethephon. Para doses de Ethephon foram observados efeitos na altura de plantas aos 30 e 60 D.A.A e pra diâmetro do colmo aos 15 D.A.A de Ethephon (Tabela 4).

Tabela 4 - Análise de variância e regressão para altura de planta, diâmetro do colmo do sorgo Silotec 20, aos 15,30,45 e 60 D.A.A de Ethephon. Selvíria (MS), 2019.

(continua)

Tratamentos	Altura de plantas (m)				Diâmetro do colmo (mm)			
	D.A.A de Ethephon							
DP (kg ha ⁻¹)	15	30	45	60	15	30	45	60
0	2,21	2,59	2,57	2,61	6,45	5,96	6,37	5,94
40	2,18	2,65	2,52	2,57	6,73	6,20	6,50	5,82
80	2,32	2,73	2,58	2,62	6,55	6,51	6,32	6,09
120	2,23	2,65	2,45	2,52	6,43	6,62	6,20	5,94
160	2,32	2,66	2,54	2,59	6,73	6,73	6,38	6,02

Tabela 4 - Análise de variância e regressão para altura de planta, diâmetro do colmo do sorgo Silotec 20, aos 15,30,45 e 60 D.A.A de Ethephon. Selvíria (MS), 2019.
(conclusão)

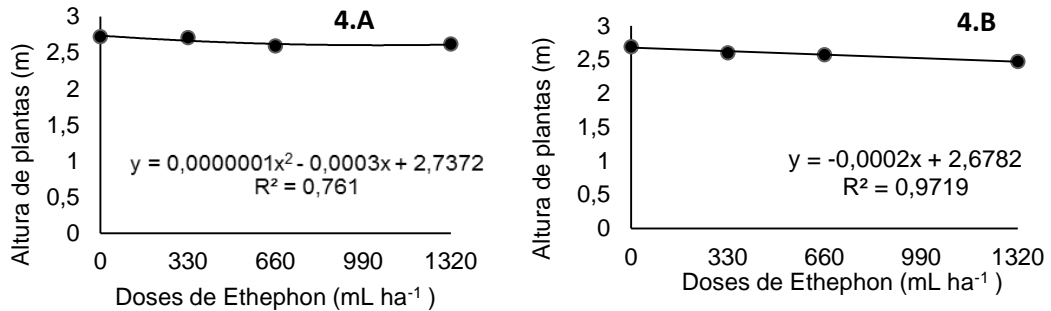
DE (mL ha ⁻¹)								
0	2,31	2,72	2,60	2,69	6,37	6,35	6,29	5,88
330	2,27	2,70	2,53	2,60	6,51	6,43	6,22	5,88
660	2,34	2,59	2,52	2,57	6,54	6,51	6,36	6,14
1320	2,19	2,61	2,48	2,47	6,73	6,33	6,54	5,95
Teste F								
DP	1,03 ^{ns}	2,52 ^{ns}	2,02 ^{ns}	0,77 ^{ns}	0,93 ^{ns}	9,65 ^{**}	0,64 ^{ns}	0,40 ^{ns}
DE	0,81 ^{ns}	4,82 [*]	2,45 ^{ns}	4,71 ^{**}	1,86 [*]	0,78 ^{ns}	1,27 ^{ns}	0,72 ^{ns}
DP x DE	0,43 ^{ns}	1,44 ^{ns}	0,99 ^{ns}	0,77 ^{ns}	1,23 ^{ns}	1,34 ^{ns}	0,93 ^{ns}	0,51 ^{ns}
Média	2,25	2,65	2,53	2,58	6,54	6,40	6,35	5,96
CV (%)	11,01	4,96	5,89	7,19	7,50	6,35	8,56	10,81
R. Linear(DP)	1,85 ^{ns}	2,18 ^{ns}	1,10 ^{ns}	0,32 ^{ns}	0,17 ^{ns}	36,83 ^{**}	0,42 ^{ns}	0,33 ^{ns}
R.Quadrática(DP)	0,00 ^{ns}	4,49 ^{ns}	0,58 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,41 ^{ns}	1,42 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,00 ^{ns}
R.Linear (DE)	1,04 ^{ns}	8,48 [*]	0,97 ^{ns}	13,72 ^{**}	5,40 [*]	0,05 ^{ns}	3,09 ^{ns}	0,28 ^{ns}
R.Quadrática(DE)	1,22 ^{ns}	2,51 [*]	0,71 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,02 ^{ns}	2,15 ^{ns}	0,40 ^{ns}	0,90 ^{ns}

Nota: R: Regressão, DP: Doses de Fósforo, DE: Doses de Ethephon, D.A.A: Dias após aplicação, ** significativo a 1%; * significativo a 5%; ns não significativo pelo teste F.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Aos 15 D.A.A a redução da altura das plantas de sorgo foi de 8,7% em relação a testemunha, atingindo 2,52 metros e aos 60 D.A.A de Ethephon essa redução foi de 11,2%, atingindo 2,41 metros (Figura 4). Isso ocorre, pois como o Ethephon é um regulador de crescimento, o mesmo é utilizado com o propósito de reduzir a altura das plantas, sem que alterem os padrões morfológicos das mesmas (RADEMACHER, 2013). Em geral, o regulador restringe o alongamento celular, em função da inibição da atividade das giberelinas.

Figuras 4 – Altura de plantas do sorgo Silotec 20 em função das doses de Ethephon. A: 15 D.A.A, B: 60 D.A.A.

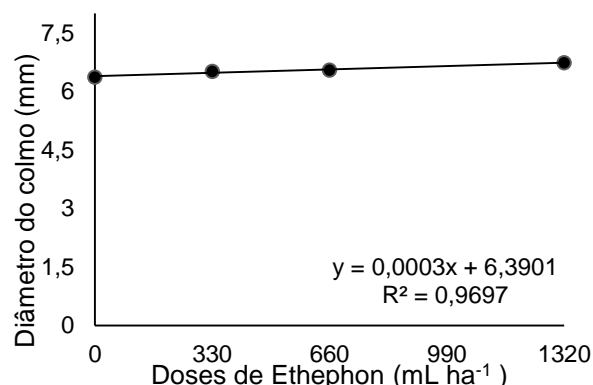


Fonte: Elaboração do próprio autor.

Segundo Rademacher (2013), o Ethephon promove o encurtamento de entrenós dos colmos das gramíneas com conseqüente redução na altura de plantas. Campos *et al.* (2010) mencionam que, com a utilização de reguladores vegetais as plantas ficam mais compactas e, assim, mais eficientes do ponto de vista fisiológico.

A medida que se aumentou as doses de Ethephon observou-se incremento no diâmetro do colmo, obtendo maior diâmetro na dose de 1320 mL ha⁻¹ do regulador de crescimento, que foi 6,2% superior a testemunha. Segundo Guimarães *et al.* (2009), a aplicação do Ethephon reduz a altura das plantas, e proporciona incremento no diâmetro dos colmos, aumentando a resistência ao acamamento das plantas, não interferindo na produtividade.

Figura 5 – Diâmetro de plantas do sorgo Silotec 20, aos 15 D.A.A, em função das doses de Ethephon.

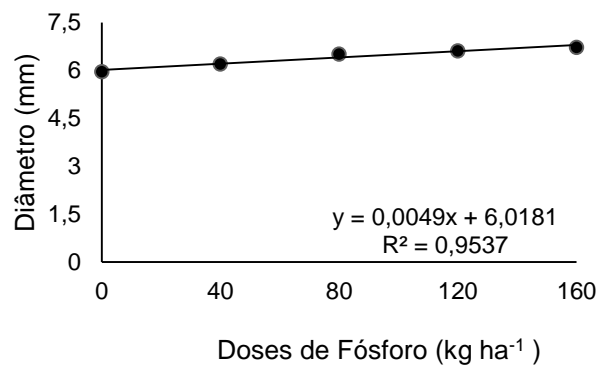


Fonte: Elaboração do próprio autor.

Ainda para diâmetro do colmo, quanto maior a dose de fósforo maior foi seu valor, que ficou 13 % acima do valor obtido com a testemunha (Figura 6). A adubação

fosfatada desempenha papel importante no crescimento de gramíneas (SANTOS *et al.*, 2002), pois o P é componente integrante de compostos importantes das células vegetais, incluindo intermediários da respiração e fotossíntese, assim como nucleotídeos utilizados no metabolismo energético das plantas (TAIZ *et al.*, 2013).

Figura 6 – Diâmetro de plantas do sorgo Silotec 20, aos 30 D.A.A em função das doses de fósforo.



Fonte: Elaboração do próprio autor.

Considerando que o colmo tem papel importante no acúmulo de reservas da planta de sorgo (FORMIGA *et al.*, 2012), torna-se imprescindível a utilização de adubação fosfatada, pois plantas com maiores diâmetros de colmo tendem a se tornar mais vigorosas e produtivas.

Os tratamentos não afetaram a biomassa seca, a biomassa fresca e produtividade do sorgo (Tabela 5).

É possível que os teores de fósforo presentes no solo tenham sido suficientes para o desenvolvimento das plantas (Tabela 1), não se verificando assim os efeitos das doses utilizadas no experimento. Outro fato é o histórico da área que nos últimos anos foi cultivada com soja e feijão + crotalária juncea em rotação.

Tabela 5 - Análise de variância e regressão para biomassa seca (MS), biomassa fresca (MF) e produtividade (P) do sorgo Silotec 20. Selvíria (MS), 2019.

Tratamentos	Biomassa Fresca (kg ha ⁻¹)	Biomassa Seca (kg ha ⁻¹)	Produtividade (Mg ha ⁻¹)	
	D.A.A de Ethephon			
DP (kg ha ⁻¹)	60	15	60	60
0	0,66	0,56	0,34	47,41
40	0,68	0,67	0,33	44,91
80	0,69	0,64	0,33	47,78
120	0,68	0,62	0,31	46,70
160	0,64	0,58	0,30	45,45
DE (mL ha ⁻¹)				
0	0,72	0,60	0,36	48,78
330	0,67	0,60	0,33	49,56
660	0,65	0,60	0,30	43,19
1320	0,65	0,65	0,30	44,26
Teste F				
DP	0,29 ^{ns}	1,09 ^{ns}	0,37 ^{ns}	0,12 ^{ns}
DE	1,12 ^{ns}	0,44 ^{ns}	1,52 ^{ns}	0,99 ^{ns}
DP x DE	0,39 ^{ns}	0,56 ^{ns}	0,68 ^{ns}	0,51 ^{ns}
Média	0,67	0,61	0,32	36,45
CV (%)	11,92	17,76	19,34	39,21
R. Linear (DP)	0,13 ^{ns}	0,00 ^{ns}	1,21 ^{ns}	0,04 ^{ns}
R. Quadrática (DP)	0,92 ^{ns}	3,36 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,01 ^{ns}
R. Linear (DE)	2,21 ^{ns}	0,96 ^{ns}	3,57 ^{ns}	1,94 ^{ns}
R. Quadrática (DE)	1,09 ^{ns}	0,36 ^{ns}	0,93 ^{ns}	0,01 ^{ns}

R: Regressão, DP: Doses de Fósforo, DE: Doses de Ethephon, D.A.A: Dias após aplicação, ** significativo a 1%; * significativo a 5%; ns não significativo pelo teste F.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Para macronutrientes presentes nas plantas inteiras do sorgo Silotec 20, houve interação entre as doses de P₂O₅ e doses de Ethephon somente para o teor de P nas folhas. O nutriente Mg sofreu efeito da aplicação de P, no entanto, não houve ajuste de equação. Já para os nutrientes, N, K, C e S, não houve efeito dos fatores isolados, ou sua interação (Tabela 6).

Tabela 6 - Análise de variância e regressão para macronutrientes na cultura do sorgo Silotec 20 nas diferentes doses de fósforo e Ethephon. Selvíria (MS), 2019.

Fontes de Variação		N	P	K	Ca	Mg	S
		g kg ⁻¹					
DP (kg ha ⁻¹)		Médias					
	0	11,03	4,04	8,44	5,05	6,00	1,60
	40	14,27	4,23	8,51	4,95	5,87	1,75
	80	11,27	4,04	9,00	4,36	5,79	1,66
	120	11,97	4,06	8,69	3,30	5,12	1,63
	160	12,04	4,25	9,51	4,67	5,84	1,95
DE (mL ha ⁻¹)		Médias					
	0	12,20	4,17	8,69	4,78	6,06	1,75
	330	12,48	3,99	9,13	4,73	5,75	1,70
	660	13,75	4,33	8,16	4,13	5,81	1,74
	1320	10,74	4,01	9,17	4,23	5,72	1,68
	DP	1,48 ^{ns}	0,10 ^{ns}	1,25 ^{ns}	1,11 ^{ns}	3,41 [*]	1,42 ^{ns}
	DE	2,15 ^{ns}	0,29 ^{ns}	1,49 ^{ns}	0,88 ^{ns}	0,49 ^{ns}	0,07 ^{ns}
	DP x DE	0,76 ^{ns}	2,01 [*]	1,85 ^{ns}	0,95 ^{ns}	0,72 ^{ns}	0,70 ^{ns}
	CV (%)	20,65	21,41	19,58	15,66	17,19	17,82
Regressão	Linear	0,50 ^{ns}	0,04 ^{ns}	3,42 ^{ns}	3,62 ^{ns}	0,00 ^{ns}	2,43 ^{ns}
Fósforo	Quadrática	0,06 ^{ns}	8,98 [*]	0,33 ^{ns}	2,75 ^{ns}	0,67 ^{ns}	0,76 ^{ns}
Regressão	Linear	0,69 ^{ns}	1,58 ^{ns}	0,07 ^{ns}	2,00 ^{ns}	0,94 ^{ns}	0,10 ^{ns}
Ethephon	Quadrática	3,81 ^{ns}	0,84 ^{ns}	0,55 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,26 ^{ns}	0,00 ^{ns}

Nota: DP: Doses de Fósforo, DE: Doses de Ethephon, D.A.A: Dias após aplicação, ** significativo a 1%; * significativo a 5%; ns não significativo pelo teste F.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

A adubação fosfatada proporciona aumento na absorção de N, K e S, (LEÃO *et al.*, 2011), sendo assim de extrema importância no desenvolvimento das plantas de sorgo. Como no sorgo, o produto colhido é o colmo, a maior parte dos nutrientes extraídos é então exportada (OLIVEIRA *et al.*, 2011). Esses resultados não foram observados no experimento.

Ocorreu uma diminuição nos teores de Ca e Mg, porém os dados observados sempre estiveram dentro da faixa considerada adequada. Isso pode estar associado a grande capacidade de ligação destes nutrientes enquanto íons livres na solução do solo, devido ao aumento nos teores de um ou de ambos. Desta maneira, pode ter ocorrido a formação de fosfato de cálcio ou fosfato de magnésio, que são sais de baixa solubilidade, reduzindo significativamente a absorção dos nutrientes.

Verifica-se que nas doses de 80 kg ha⁻¹ e 160 kg ha⁻¹ de P₂O₅, e na dose de 660 mL ha⁻¹ de Ethephon ocorreram diferenças entre os tratamentos, porém para o Ethephon verificou-se uma função quadrática decrescente. Para dose de 160 kg ha⁻¹

de fósforo os dados se ajustaram a função quadrática com pico de máximo observado na dose de 660 mL ha⁻¹ de Ethephon.

Tabela 7 - Desdobramento da interação para quantidade de fósforo presente nas plantas de sorgo Silotec 20 em função de doses de Fósforo e Ethephon. Selvíria (MS), 2019.

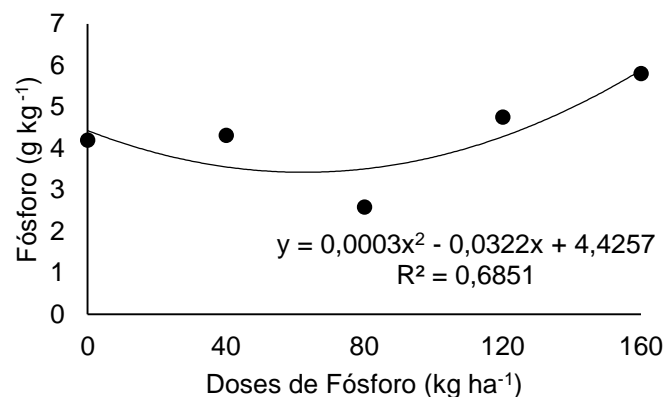
Fontes de Variação		Ethephon (mL ha ⁻¹)			
Fósforo (kg ha ⁻¹)	0	330	660	1320	
0	4,33	3,83	4,20 ab	3,82	
40	4,90	4,23	4,31 ab	3,48	
80	3,97 AB	4,06 AB	2,58 bB	5,57 A	
120	3,69	4,49	4,75 ab	3,29	
160	3,95 AB	3,34 B	5,80 aA	3,90 AB	

Nota: Médias seguidas de letras distintas minúscula na coluna e maiúscula na linha diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

A aplicação de P₂O₅ realizada na semeadura do sorgo Silotec 20 proporcionou maiores teores de P nas plantas, cujo ajuste foi quadrático crescente (Figura 7). Para Leite (2016), a prática da adubação com fertilizantes fosfatados vem destacando-se como uma das alternativas para incrementar a produção de volumosos, com efeitos marcantes sobre o crescimento e a produtividade das plantas forrageiras.

Figura 7 – Teores de P presente nas plantas do sorgo Silotec 20 em função das doses de Fósforo.



Fonte: Elaboração do próprio autor.

A aplicação isolada de doses de Ethephon ou em interação com doses de P promoveu efeito sobre a fibra em detergente ácido (FDA) e apenas a interação entre os fatores estudados influenciou a percentagem de celulose no sorgo (Tabela 8). Segundo Valadares *et al.* (2013), pela etapa de desenvolvimento das plantas os

valores se encontram abaixo do preconizado, porém grande parte dos compostos já haviam sido mobilizados para as sementes, assim, espera-se encontrar valores mais baixos nas plantas.

Para cinzas, um indicativo de melhor conservação da forragem, é um valor mínimo de cinzas, pois, quando há fermentação inadequada, ocorrem perdas de material orgânico, aumentando a participação relativa da cinza na MS (ASHBELL, 1995).

Os valores médios encontrados para EE estão dentro da faixa adequada, e de acordo com Silva *et al.* (2014), o valor limite é de 5%, pois afirmam que valores de gordura acima dessa faixa podem resultar em distúrbios digestivos e redução no consumo do alimento pelos efeitos deletérios nos microrganismos ruminais. O extrato etéreo representa a fração gordurosa da silagem e fornece 2,25 vezes mais energia que os carboidratos e proteínas (SILVA *et al.*, 2014), o que torna possível um aumento da eficiência alimentar e redução da emissão de gases pelos animais (IVAN *et al.*, 2013).

Tabela 8 - Teores percentuais de matéria seca (MS), cinzas (CZ), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), celulose (CEL), lignina (LIG), expressos em silagem de sorgo dupla aptidão. Selvíria - MS, 2019.

(continua)

Tratamentos	MS	CZ	EE	FDN	FDA	CEL	LIG
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
DP (kg ha ⁻¹)							
0	93,82	7,22	2,26	54,45	28,84	24,66	4,92
40	93,54	6,94	2,75	55,52	29,69	24,90	5,43
80	93,14	6,60	3,02	57,94	31,19	25,17	5,45
120	93,70	7,27	2,60	54,69	29,36	24,57	4,99
160	92,55	6,13	3,40	53,00	29,31	23,75	4,97
DE (mL ha ⁻¹)							
0	93,62	7,33	2,52	55,26	29,75	25,44	5,06
330	92,72	6,78	2,75	56,14	29,12	23,88	5,27
660	93,24	6,47	2,46	52,94	28,15	23,38	4,84
1320	93,82	6,75	3,50	56,15	31,69	25,74	5,45
Teste F							
DP	0,98 ^{ns}	1,76 ^{ns}	0,55 ^{ns}	1,49 ^{ns}	1,26 ^{ns}	0,46 ^{ns}	1,18 ^{ns}
DE	1,08 ^{ns}	1,26 ^{ns}	0,84 ^{ns}	1,29 ^{ns}	4,38 ^{**}	2,73 ^{ns}	1,48 ^{ns}
DP x DE	0,67 ^{ns}	0,81 ^{ns}	1,22 ^{ns}	1,11 ^{ns}	3,48 ^{**}	2,05 [*]	1,19 ^{ns}

Tabela 8 - Teores percentuais de matéria seca (MS), cinzas (CZ), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), celulose

(CEL), lignina (LIG), expressos em silagem de sorgo dupla aptidão. Selvíria - MS, 2019.

(conclusão)

Média	93,35	6,83	2,81	55,12	29,68	24,61	5,15
CV (%)	2,22	20,91	13,05	10,80	10,76	12,72	18,81
R. Linear (DP)	2,08 ^{ns}	2,65 ^{ns}	1,33 ^{ns}	0,63 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,74 ^{ns}	0,19 ^{ns}
R.Quadrática(DP)	0,16 ^{ns}	0,29 ^{ns}	0,00 ^{ns}	4,04 ^{ns}	2,94 ^{ns}	1,05 ^{ns}	2,82 ^{ns}
R. Linear (DE)	0,29 ^{ns}	2,04 ^{ns}	1,28 ^{ns}	0,01 ^{ns}	2,32 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,59 ^{ns}
R.Quadrática(DE)	2,52 ^{ns}	1,68 ^{ns}	0,61 ^{ns}	0,76 ^{ns}	8,52 ^{**}	7,85 ^{**}	0,85 ^{ns}

Fonte: Elaboração do próprio autor.

A FDN é composta por carboidratos de baixa degradação e lenta passagem pelo rúmen, devido a estes fatores, dietas com altos teores de FDN podem provocar redução na ingestão de matéria seca total, em função do enchimento do rúmen provocado pela quantidade de fibra (ALVES *et al.*, 2016). O conteúdo de FDA do alimento está diretamente ligado à digestibilidade do mesmo, já que FDA inclui a celulose e a lignina, frações de menor solubilidade da fibra. De acordo com Oliveira *et al.* (2010), essa fração pode indicar o valor energético do alimento, pois quanto menor o teor de FDA, maior será seu valor energético.

Valadares *et al.* (2013) determinam 68,90% de FDN e 42,31% de FDA como ideais para matéria seca de sorgo. Os resultados encontrados para a variável nesse ensaio são inferiores a faixa adequada, sendo os valores máximos obtidos 57,94% de FDN e 31,19% de FDA. De acordo com Oliveira *et al.* (2010), essa fração pode indicar o valor energético do alimento, pois quanto menor o teor de FDA, maior será seu valor energético. Segundo Van Soest (1967), valores menores que os adequados são considerados inapropriados para consumo e digestibilidade da MS pelos ruminantes.

Para lignina foram observadas teores de aproximadamente de 5%. Ibrahim (2007) obteve média de 14,61% nos teores de lignina e Magalhães *et al.* (2010), obtiveram variação de 3,57% a 7,06%. Deve-se ressaltar que a presença de maiores quantidades de lignina, representa maior quantidade de tecidos indigestíveis. Porém, a lignina também afeta a extensão da degradação da celulose, sendo que quanto mais lignina, menor a degradação da celulose. Ainda, de acordo com Neumann *et al.* (2005), valores altos de lignina indicam baixa participação das panículas na massa de forragem.

A celulose é um carboidrato estrutural componente da FDA, e pode estar ligado e protegido pela lignina ou não ser afetado por esse composto (IBRAHIM, 2007). Na

silagem de sorgo, teores em torno de 35% permitem melhores taxas de consumo e digestibilidade das frações fibrosas (MARTINS *et al.*, 2008). Os resultados obtidos mostram variações dos teores de celulose, com média de 24,61%, porém são inferiores aos de Simon *et al.* (2009) com 35,71% e aos de Oliveira *et al.* (2010), com 41%.

Na Tabela 9, são apresentados os dados de desdobramento para FDA em função de doses de fósforo e Ethephon. Embora tenha ocorrido o desdobramento, apenas os ajustes observados não se mostraram consistentes verificando-se funções quadráticas decrescentes.

Tabela 9 - Desdobramento da interação para FDA em função de doses de Fósforo e Ethephon. Selvíria - MS.

Fontes de Variação Fósforo (kg ha ⁻¹)	Ethephon (mL ha ⁻¹)			
	0	330	660	1320
0	28,65abcAB	26,46B	27,14B	33,12abA
40	27,95bc	31,55	29,25	30,01ab
80	32,40abA	31,40AB	26,33B	34,62 Aa
120	25,35cB	29,59AB	29,14AB	33,36abA
160	34,49aA	26,60B	28,91AB	27,35Bb

Nota: Médias seguidas de letras distintas minúscula na coluna e maiúscula na linha diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaboração do autor.

Na Tabela 10, são apresentados os desdobramento da interação para celulose em função de doses de Fósforo e Ethephon. Não houve interação para nenhuma das doses de Ethephon associadas as doses de P₂O₅. E para doses de fósforo, somente na dose de 160 kg ha⁻¹ houve interação com Ethephon.

Tabela 10 - Desdobramento da interação para celulose em função de doses de Fósforo e Ethephon. Selvíria - MS.

Fontes de Variação Fósforo (kg ha ⁻¹)	Ethephon (mL ha ⁻¹)			
	0	330	660	1320
0	25,24	23,74	22,63	21,02
40	22,84	25,86	24,31	26,57
80	27,29	25,33	21,67	26,40
120	23,37	24,79	24,22	25,92
160	28,45 ^a	19,68B	24,06AB	22,81AB

Nota: Médias seguidas de letras distintas minúscula na coluna e maiúscula na linha diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

4.2 EXPERIMENTO 2- SORGO BRS 508

A aplicação de P isoladamente, foi o único fator que influenciou o stand de plantas de sorgo aos 15 D.A.A de Ethephon (Tabela 11).

Tabela 11- Análise de variância e regressão para stand de plantas de sorgo BRS 508 aos 15 e 60 dias após a aplicação de Ethephon. Selvíria (MS), 2019.

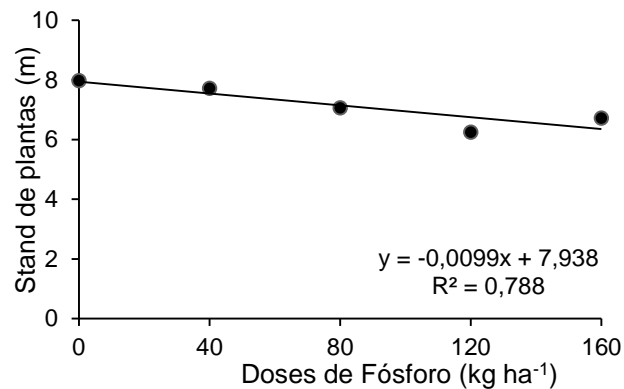
Tratamentos	Stand de plantas	
	15	60
DP (kg ha⁻¹)		
0	7,98	9,93
40	7,73	10,00
80	7,06	8,75
120	6,25	8,93
160	6,72	9,00
DE (mL ha⁻¹)		
0	7,42	8,55
330	7,42	9,90
660	7,18	9,55
1320	6,58	9,20
Teste F		
DP	5,45**	1,03 ns
DE	2,08 ns	1,03 ns
DP x DE	0,94 ns	0,70 ns
Média	7,15	9,32
CV (%)	7,64	11,65
Regressão Linear (DP)	17,10**	2,50 ns
Regressão Quadrática(DP)	1,33 ns	0,43 ns
Regressão Linear (DE)	5,75 ns	0,11 ns
Regressão Quadrática(DE)	0,46 ns	0,87 ns

Nota: DP: Doses de Fósforo, DE: Doses de Ethephon, ** significativo a 1%; * significativo a 5%; ns não significativo pelo teste F.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

O stand de plantas diminuiu com o aumento das doses de P₂O₅ (Figura 8). O uso da maior dose de P (160 kg ha⁻¹) reduziu o stand em 25% quando comparado a testemunha, chegando em 6,3 plantas m⁻¹. Tais efeitos negativos da adubação localizada de P têm sido atribuídos à salinidade ou à toxidez, resultantes das altas concentrações dos adubos sulfo-fosfatados, a exemplo do superfosfato simples utilizado no atual estudo, o que afetaria a germinação das sementes refletindo diretamente no stand inicial e no crescimento das raízes (BERNARDES *et al.*, 2015).

Figura 8 –Stand de plantas do sorgo BRS 508 aos 15 D.A.A em função das doses de fósforo.



Fonte: Elaboração do próprio autor.

Foi observado apenas efeito da aplicação de Ethephon em altura de plantas aos 15 e 60 D.A.A de Ethephon e aos 60 D.A.A de Ethephon para diâmetro do colmo, com a aplicação de P (Tabela 12).

Tabela 12 - Análise de variância para altura de planta (AP), diâmetro do colmo (DC), do sorgo BRS 508, aos 15,30,45 e 60 dias após a aplicação de Ethephon. Selvíria (MS), 2019. (continua)

Tratamentos	Altura de plantas (m)				Diâmetro do colmo (mm)			
	D.A.A de Ethephon							
	15	30	45	60	15	30	45	60
DP (kg ha ⁻¹)								
0	2,12	2,61	2,55	2,60	5,14	6,09	4,22	3,74
40	2,15	2,68	3,59	2,73	4,90	8,06	4,47	5,08
80	2,17	2,65	2,61	2,74	5,40	6,50	4,63	4,67
120	2,21	2,66	2,59	2,62	5,49	6,67	4,79	4,86
160	2,16	2,69	2,67	2,68	5,37	7,97	4,82	4,93
DE (mL ha ⁻¹)								
0	2,39	2,71	2,65	2,75	5,07	7,67	4,33	3,74
330	2,15	2,66	3,00	2,78	5,19	7,68	4,47	4,66
660	2,05	2,63	2,97	2,63	5,38	6,45	4,94	4,51
1320	2,09	2,63	2,53	2,55	5,40	6,43	4,61	4,93
Teste F								
DP	0,72 ^{ns}	0,82 ^{ns}	2,25 ^{ns}	0,88 ^{ns}	1,56 ^{ns}	0,93 ^{ns}	1,71 ^{ns}	6,75**
DE	24,33*	1,58 ^{ns}	0,80 ^{ns}	3,28*	0,85 ^{ns}	0,72 ^{ns}	2,37 ^{ns}	1,11 ^{ns}
DPx DE	0,76 ^{ns}	1,10 ^{ns}	0,73 ^{ns}	0,75 ^{ns}	0,90 ^{ns}	0,99 ^{ns}	0,85 ^{ns}	0,85 ^{ns}
Média	2,164	2,66	2,808	2,681	5,26	7,06	4,591	4,661
CV (%)	6,76	5,31	13,13	9,88	14,53	17,16	16,48	17,56

Tabela 12 - Análise de variância para altura de planta (AP), diâmetro do colmo (DC), do sorgo BRS 508, aos 15,30,45 e 60 dias após a aplicação de Ethephon. Selvíria (MS), 2019. (conclusão)

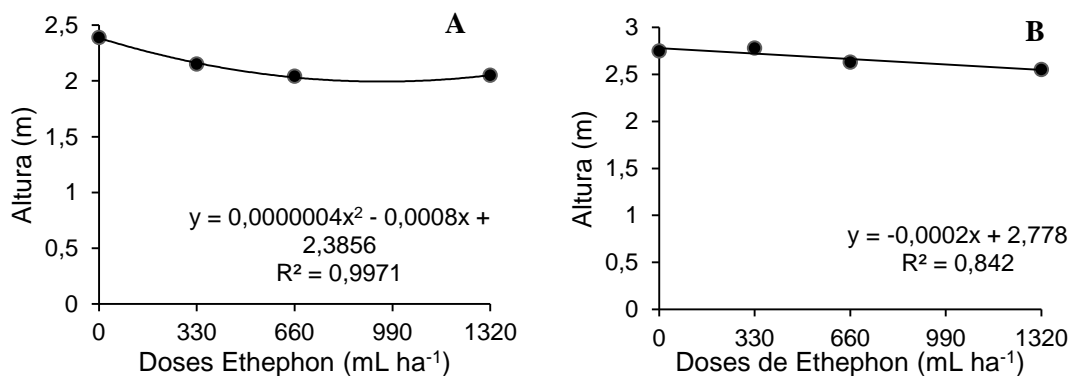
R. Linear(DP)	1,12 ^{ns}	1,89 ^{ns}	0,67 ^{ns}	0,06 ^{ns}	3,06 ^{ns}	0,64 ^{ns}	6,44 ^{ns}	11,40 ^{**}
R.Quadrática(DP)	0,99 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,77 ^{ns}	1,09 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,39 ^{ns}	6,27 [*]
R. Linear(DE)	46,78 [*]	3,51 ^{ns}	0,44 ^{ns}	8,43 [*]	2,05 ^{ns}	1,56 ^{ns}	1,85 ^{ns}	2,10 ^{ns}
R.Quadrática(DE)	25,81 [*]	1,21 ^{ns}	1,87 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,39 ^{ns}	0,11 ^{ns}	3,69 ^{ns}	0,55 ^{ns}

Nota: R: Regressão, DP: Doses de Fósforo, DE: Doses de Ethephon, D.A.A: Dias após aplicação, ** significativo a 1%; * significativo a 5%; ns não significativo pelo teste F.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

O aumento das doses de Ethephon promoveu decréscimo na altura de plantas de sorgo em 17,7% aos 15 D.A.A e em 10,5% aos 60 D.A.A, respectivamente, quando comparado a testemunha (Figuras 9.A e 9.B). Isso ocorre porque o etileno presente no regulador de crescimento atua como inibidor da divisão e expansão celular e transporte de auxina, proporcionando efeito expressivo na redução do crescimento do caule em comprimento, entretanto, promove sua expansão radial e diâmetro (COLL *et al.*, 2001). Além disso, Khosravi e Anderson (1991) afirmam que a aplicação de Ethephon reduz a altura da planta e melhora a resistência das mesmas ao acamamento. Assim, para Li e Solomon (2003) a maior concentração de etileno na planta promove a diminuição do alongamento dos entrenós.

Figura 9 – Altura de plantas do sorgo BRS 508 em função das doses de Ethephon. A:15 D.A.A, B:60 D.A.A.

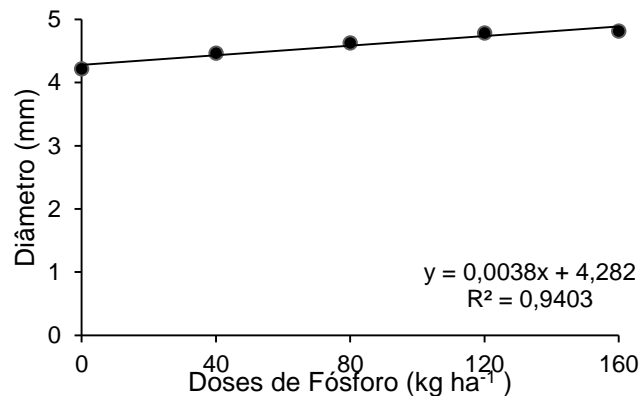


Fonte: Elaboração do próprio autor.

Para o diâmetro do colmo (Figura 10), verificou-se aumento com adição de doses de P, atingindo o maior valor (4,89 cm) com a dose de 160 kg ha de P₂O₅, que representa um ganho de 14,2% em relação a testemunha. Isso mostra que adubação fosfatada traz benefícios ao crescimento de plantas de sorgo devido participar de inúmeras substâncias estruturais nas plantas, como proteínas, lipídios, açúcares entre outras que podem atuar também no aporte de energia e no ajuste osmótico (TAIZ *et*

al., 2017). É importante que o diâmetro do caule do sorgo apresente bons resultados, pois, segundo Carneiro (1995), plantas que apresentam maior diâmetro do caule conseguem ter um melhor equilíbrio no crescimento da parte aérea, que irá acarretar em melhor desenvolvimento da cultura, garantindo as condições da planta atingir produções satisfatórias.

Figura 10 – Diâmetro do colmo de plantas do sorgo BRS 508 aos 60 D.A.A em função das doses de fósforo.



Fonte: Elaboração do próprio autor.

Os componentes massa seca, massa fresca e produtividade (Tabela 13), não foram influenciados pela aplicação de P₂O₅ e Ethephon. Assim, como no sorgo Silotec 20, a falta de resultados positivos ao incremento de P₂O₅ no solo por meio da adubação residual pode ser justificada pelo teor adequado de P no solo antes da instalação experimento na área Santos (2013). Este fato provavelmente deve-se a médios teores de fósforo disponível no solo (Tabela 1).

Tabela 13 - Análise de variância para massa seca (MS), massa fresca (MF) e produtividade (P) do sorgo BRS 508. Selvíria (MS), 2019.

Tratamentos	Massa Fresca (kg ha ⁻¹)	Massa Seca (kg ha ⁻¹)	Produtividade (Mg ha ⁻¹)	
	D.A.A de Ethephon			
DP (kg ha ⁻¹)	60	15	60	60
0	0,407	0,287	0,139	48,09
40	0,382	0,287	0,133	45,67
80	0,474	0,271	0,155	48,85
120	0,429	0,306	0,144	45,70
160	0,441	0,281	0,145	49,24
DE (mL ha ⁻¹)				
0	0,405	0,325	0,136	40,61
330	0,444	0,255	0,152	55,00
660	0,419	0,309	0,139	46,62
1320	0,439	0,258	0,146	47,81
Teste F				
DP	1,85 ^{ns}	0,22 ^{ns}	0,64 ^{ns}	0,17 ^{ns}
DE	0,63 ^{ns}	2,21 ^{ns}	0,58 ^{ns}	2,58 ^{ns}
DP x DE	1,90 ^{ns}	0,56 ^{ns}	1,29 ^{ns}	1,03 ^{ns}
Média	0,427	0,286	0,143	47,51
CV (%)	5,48	8,81	3,13	13,12
R. Linear (DP)	2,05 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,54 ^{ns}	0,03 ^{ns}
R. Quadrática(DP)	0,48 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,22 ^{ns}	0,13 ^{ns}
R. Linear (DE)	0,56 ^{ns}	2,07 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,40 ^{ns}
R. Quadrática(DE)	0,14 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,09 ^{ns}	2,34 ^{ns}

R: Regressão, DF: Doses de Fósforo, DE: Doses de Ethephon, D.A.A: Dias após aplicação, ** significativo a 1%; * significativo a 5%; ns não significativo pelo teste F.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

As variáveis tecnológicas fibra e umidade foram influenciadas pelas doses de Ethephon. No entanto, não houve efeito significativo para nenhuma outra característica tecnológica avaliada (Tabela 14). A concentração dos sólidos soluveis (Brix), que é considerado o principal parâmetro para estimar a concentração de açúcares no caldo, ficou abaixo, porém próximo da média esperada da cultivar, que é de 22,9% (EMBRAPA, 2011).

Tabela 14 - Análise de variância para variáveis tecnológicas do sorgo BRS 508. Selvíria (MS), 2019.

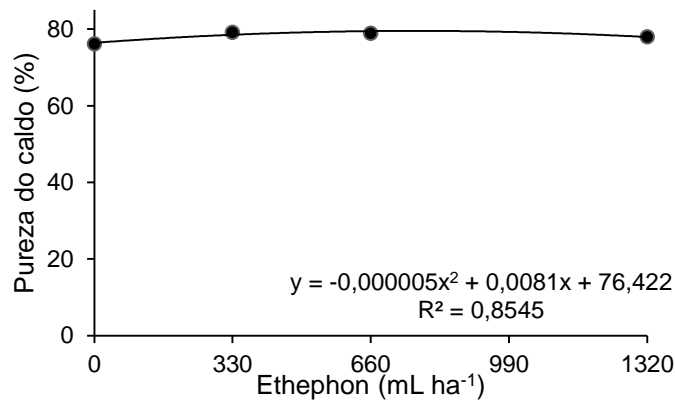
Tratamentos	Brix (%)	Pol caldo (%)	Pureza (%)	AR Caldo (%)	Fibra (%)	ATR (kg/tc)	Umidade (%)
DP (kg ha ⁻¹)							
0	20,13	15,66	77,95	0,96	19,98	117,11	59,88
40	20,00	15,72	78,81	0,93	19,35	118,82	60,64
80	19,83	15,61	78,79	0,93	19,78	117,02	60,38
120	20,18	15,94	79,06	0,92	20,37	117,92	59,44
160	20,66	15,61	75,80	1,04	20,03	117,14	59,30
DE (mL ha ⁻¹)							
0	20,55	15,62	76,16	1,02	20,38	116,34	59,06
330	20,01	15,85	79,22	0,92	19,79	118,55	60,18
660	19,95	15,71	78,94	0,93	20,04	117,13	60,00
1320	20,12	15,65	78,00	0,96	19,39	118,39	60,47
Teste F							
DP	1,31 ^{ns}	0,45 ^{ns}	1,49 ^{ns}	1,53 ^{ns}	2,21 ^{ns}	0,30 ^{ns}	2,25 ^{ns}
DE	1,24 ^{ns}	0,32 ^{ns}	1,98 [*]	1,97 [*]	3,40 [*]	0,70 ^{ns}	3,11 [*]
DP x DE	0,72 ^{ns}	1,07 ^{ns}	0,92 ^{ns}	0,91 ^{ns}	1,07 ^{ns}	0,89 ^{ns}	0,85 ^{ns}
Média	20,16	15,71 ^{ns}	78,08	0,96	19,90	117,60	59,93
CV (%)	5,40	5,16 ^{ns}	5,65	15,72	5,06	4,80	2,58
R. Linear (DP)	2,08 ^{ns}	0,03 ^{ns}	1,37 ^{ns}	1,44 ^{ns}	1,95 ^{ns}	0,03 ^{ns}	3,68 ^{ns}
R.Quadrática(DP)	2,97 ^{ns}	0,20 ^{ns}	3,73 ^{ns}	3,74 ^{ns}	0,63 ^{ns}	0,19 ^{ns}	2,96 ^{ns}
R. Linear (DE)	0,98 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,77 ^{ns}	0,72 ^{ns}	7,81 [*]	0,72 ^{ns}	6,29 [*]
R.Quadrática(DE)	2,55 ^{ns}	0,43 ^{ns}	4,29 [*]	4,28 [*]	0,00 ^{ns}	0,10 ^{ns}	1,32 ^{ns}

R: Regressão, DF: Doses de Fósforo, DE: Doses de Ethephon, D.A.A: Dias após aplicação,** significativo a 1%;* significativo a 5% ; ns não significativo pelo teste F.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Houve ajuste a uma função quadrática pureza do caldo quando aplicou-se Ethephon até a dose de 810 mL ha⁻¹ (Figura 11), obtendo pureza máxima de 80%. Os resultados corroboram com Caputo et al. (2008), que também encontraram maiores valores de pureza após a aplicação de maturadores químicos. Sabe-se que a pureza do caldo tem correlação com o processo de maturação da cana-de-açúcar, recomendando níveis mínimos de 80% para o início e de 85% no decorrer da safra (FERNANDES, 2011). Considerando que a pureza é um fator positivo para cana é de se esperar que seja semelhante para o sorgo.

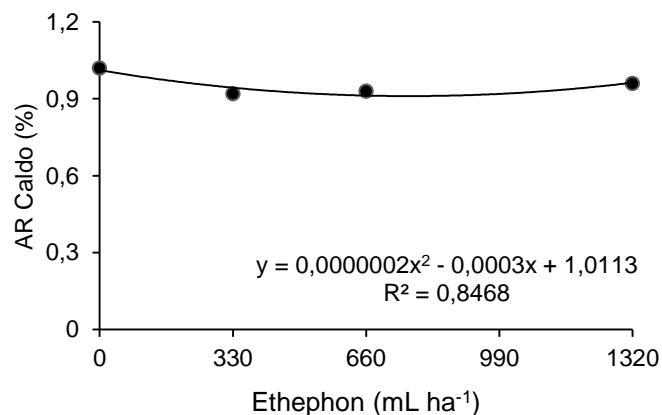
Figura 11 – Pureza de caldo do sorgo BRS 508 em função das doses de Ethephon.



Fonte: Elaboração do próprio autor.

Os valores de açúcares redutores (AR) totais apresentaram efeito quadrático negativo, no qual o menor valor de AR foi obtido na dose 660 mL ha⁻¹ de Ethephon (Figura 12). Açúcares redutores são constituídos de glicose e frutose, que são sintetizados nas folhas e translocados para outras partes da planta na forma de sacarose através do floema. Conforme Gomide et al. (2008), esse fato pode ter ocorrido em decorrência do uso do maturador, já que auxiliam na manutenção e na antecipação do ganho de sacarose, com conseqüente diminuição dos açúcares redutores.

Figura 12 – AR do caldo do sorgo BRS 508 em função de doses de Ethephon.

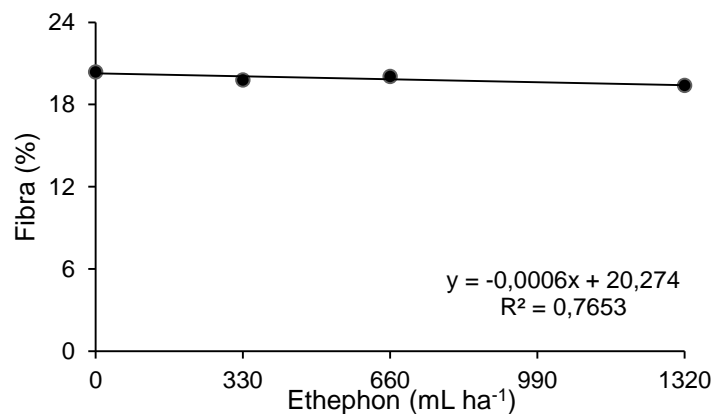


Fonte: Elaboração do próprio autor.

O teor de fibra reduziu com o aumento das doses de Ethephon, chegando a 4% de redução na maior dose, quando comparado a testemunha. Os valores mais baixos

de fibra favorecem o processamento agroindustrial da matéria-prima. Segundo Barbosa *et al.* (2007), existe associação negativa entre teor de fibras e açúcar, principalmente em variedades precoces, as quais são mais ricas em sacarose e apresentam em geral, teor de fibra menor, de modo que a quantidade ideal de fibra é variável entre 12% e 13 %.

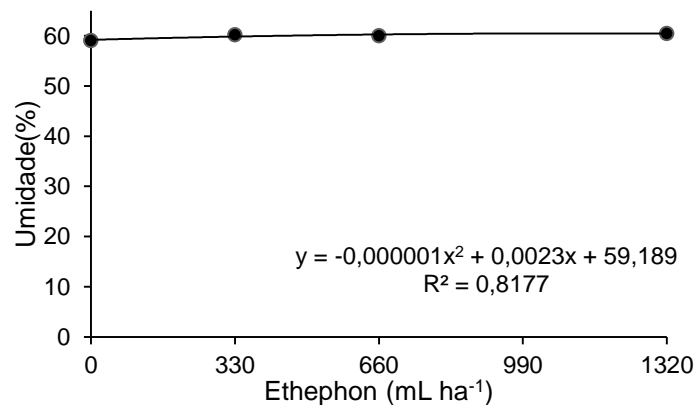
Figura 13 – Fibra do sorgo BRS 508 em função de doses de Ethephon.



Fonte: Elaboração do próprio autor.

Para a variável umidade houve um aumento até a dose de 1150 mL.ha⁻¹ de Ethephon, alcançando valor máximo de 61% no sorgo BRS 508 (Figura 14). Há uma relação inversa entre umidade e fibra, quanto maior a porcentagem de fibra em uma planta, menor será a umidade.

Figura 14 - Umidade do sorgo BRS 508 em função de doses de Ethephon.



Fonte: Elaboração do próprio autor.

Para concentração de macronutrientes, o uso de P e Ethephon efetuou apenas a concentração de P (Tabela 15). As médias de fósforo nas folhas estão abaixo do considerado adequados de acordo com Martinez, *et al.*(1999). Porém, os dados concordam com as observações de Cantarela *et al.* (1997), que relatam como adequados teores foliares na ordem de 2-4 g kg, dessa forma, os dados observados tanto para aplicação de fósforo ou aplicação de Ethephon proporcionaram as plantas a obtenção de teores dentro dessa faixa considerada adequada.

Para todos os macronutrientes os valores observados tanto para os tratamentos com doses de fósforo como para doses de Ethephon proporcionaram desenvolvimento das plantas dentro da faixa adequada, assim é de se esperar que não ocorram diferenças significativas no comportamento das plantas em termos de produtividade e desenvolvimento.

Tabela 15 – Análise de variância para teores foliares de macronutrientes na cultura do sorgo BRS 508 nas diferentes doses de fósforo e Ethephon. Selvíria (MS), 2019.

Fontes de Variação		N	P	K	Ca	Mg	S
		g kg ⁻¹					
DP(kg ha ⁻¹)		Médias					
0		30,59	3,55	14,83	5,01	5,07	2,86
40		34,94	3,52	14,30	4,57	4,91	2,78
80		30,84	3,99	15,39	4,07	4,35	2,39
120		35,29	3,97	13,91	5,08	5,21	2,40
160		31,54	4,18	13,70	3,55	4,01	2,60
DE (mL ha ⁻¹)		Médias					
0		31,43	3,92	14,80	4,33	4,51	2,53
330		32,24	3,93	14,60	4,10	4,29	2,77
660		32,71	3,90	14,50	4,80	5,09	2,59
1320		34,18	3,62	13,80	4,58	4,96	2,53
DP		0,99 ^{ns}	2,62 ^{**}	0,97 ^{ns}	1,10 ^{ns}	1,21 ^{ns}	1,36 ^{ns}
DE		0,97 ^{ns}	0,84 ^{ns}	0,48 ^{ns}	0,30 ^{ns}	0,82 ^{ns}	0,51 ^{ns}
DP x DE		0,65 ^{ns}	0,82 ^{ns}	0,45 ^{ns}	0,82 ^{ns}	1,03 ^{ns}	0,34 ^{ns}
CV (%)		11,37	13,27	13,71	19,19	17,84	19,68
Regressão	Linear	0,29 ^{ns}	8,98 ^{**}	1,44 ^{ns}	1,52 ^{ns}	1,54 ^{ns}	2,38 ^{ns}
DP	Quadrática	2,42 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,55 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,15 ^{ns}	1,97 ^{ns}
Regressão	Linear	2,76 ^{ns}	1,58 ^{ns}	1,22 ^{ns}	0,35 ^{ns}	1,34 ^{ns}	0,06 ^{ns}
DE	Quadrática	0,08 ^{ns}	0,84 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,91 ^{ns}

Nota: DF: Doses de Fósforo, DE: Doses de Ethephon, D.A.A: Dias após aplicação, ** significativo a 1%;* significativo a 5% ; ns não significativo pelo teste F.

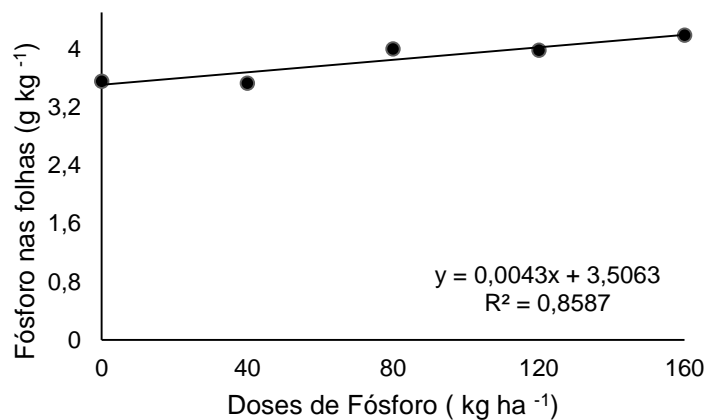
Fonte: Elaboração do próprio autor.

O aumento das doses de fósforo proporcionou aumento nos teores foliares do nutrientes, porém sem ultrapassar os valores preconizados na literatura, além de que

os valores estiveram sempre acima da concentração mínima e próximos a concentração máxima, o que indica para esse nutriente que as plantas se apresentaram sempre bem nutridas. Na maior dose de P aplicado a concentração desse elemento no sorgo foi de 4,2 kg ha que representa um ganho de 19,8% em relação a testemunha (Figura 15).

Com relação ao cálcio os valores estiveram na região mediana enquanto que para o potássio os valores estiveram pouco acima do nível mínimo, assim espera-se que os teores de potássio possam ter sido mais limitantes ao desenvolvimento das plantas do que os outros macronutrientes. Para o magnésio os valores tiveram situados próximo a faixa máxima, segundo Cantarela *et al.* (1997), enquanto para o enxofre estiveram dentro da faixa intermediária. Assim, pelos resultados nutricionais, deve se dar uma atenção especial para teores de potássio, pelas suas ações importantes dentro da planta (MALAVOLTA *et al.*, 1997).

Figura 15 – Teor foliar de P nas plantas do sorgo BRS 508 em função das doses de Fósforo.



Fonte: Elaboração do próprio autor.

Aumentos no acúmulo de macronutrientes em plantas, em função do aumento no fornecimento de P, também foram observados por vários autores. Em plantas de milho, Gill *et al.* (2015) observaram que, à medida em que houve elevação na concentração de P no meio, houve aumento no acúmulo de P na parte aérea das plantas.

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 agrônômicos. 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, yield, and yield components 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 agrônômica e nutricional de híbridos de sorgo com capimsudão, 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.