

**MATEUS QUEIROZ DA PAIXÃO**

**DESEMPENHO DA SOJA CULTIVADA EM SUCESSÃO  
A MILHO E A SORGO**

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

Orientador: Luiz Antônio dos Santos Dias

Coorientador: Leonardo Duarte Pimentel

**VIÇOSA- MINAS GERAIS  
2019**

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade  
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

P149d Paixão, Mateus Queiroz da, 1990-  
2019 Desempenho da soja cultivada em sucessão a milho e a  
sorgo / Mateus Queiroz da Paixão. – Viçosa, MG, 2019.  
31 f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador: Luiz Antonio dos Santos Dias.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.  
Referências bibliográficas: f. 29-31.

1. *Sorghum bicolor*. 2. *Glycine max*. 3. Aleloquímicos. 4.  
*Zea mays*. I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de  
Fitotecnia. Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia. II. Título.

CDD 22. ed. 633.17


**MATEUS QUEIROZ DA PAIXÃO**


**DESEMPENHO DA SOJA CULTIVADA EM SUCESSÃO  
A MILHO E A SORGO**

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

APROVADA: 14 de agosto de 2019.

Assentimento:

  
Mateus Queiroz da Paixão  
Autor

  
Luiz Antônio dos Santos Dias  
Orientador

*Dedico este trabalho a minha mãe, Aparecida, pela paciência, confiança, incentivos, pelas orações constantes, me encorajando todos os dias a ser forte e seguir os caminhos de Deus. As minhas irmãs, Rebeca e Raquel, pelo companheirismo e carinho, tornando minha caminhada mais leve. A minha vó, Dorcelina, por quem tenho grande respeito e admiração. Por fim, a minha esposa, Sílvia, pelo amor, respeito e companheirismo.*

## AGRADECIMENTOS

A Deus agradeço pelo dom da vida, por sentir sua presença em cada passo, cada tropeço, me dando força para seguir em frente junto a minha esposa e família.

Aos meus pais, Aparecida e Fernando (*in memoriam*), principalmente minha mãe, que me acompanhou nessa jornada de estudos, sempre me incentivando.

A minha companheira e esposa, Sílvia, a quem tenho grande carinho e respeito, que me acompanha desde o ensino médio e por estar sempre me motivando nessa jornada.

Agradeço a meu orientador, Luiz Antônio dos Santos Dias, pela oportunidade, experiências, paciência e ensinamentos.

Ao meu coorientador, Leonardo Duarte Pimentel, meu primeiro orientador na graduação pela UFV, pelos ensinamentos, pela oportunidade de estágio fora da universidade, companheirismo e incentivos.

Aos Programas Sorgo e Agroenergia, pelos conhecimentos compartilhados, momentos de descontração e as amigas formadas: Thaís, Angélica, Paulo, Otto, Vanessa, Elisângela, Juan, Francisco, Guilherme, Odimar, entre outros.

A todos os técnicos que me ajudaram na condução do experimento.

A Universidade Federal de Viçosa e o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

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

## **BIOGRAFIA**

MATEUS QUEIROZ DA PAIXÃO, filho de Fernando Castro da Paixão e Aparecida de Fátima Queiroz da Paixão, nasceu em 26 de dezembro de 1990, em Viçosa-Minas Gerais.

Em agosto de 2010 ingressou no curso de Agronomia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ). Em março de 2014 transferiu-se para o curso de Engenharia Agrônômica da Universidade Federal de Viçosa, graduando-se como Engenheiro Agrônomo em julho de 2016.

Em agosto de 2017, iniciou o mestrado pelo Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da UFV, submetendo-se à defesa da dissertação em agosto de 2019.

## RESUMO

PAIXÃO, Mateus Queiroz, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, agosto de 2019. **Desempenho da soja cultivada em sucessão a milho e a sorgo.** Orientador: Luiz Antônio dos Santos Dias. Coorientador: Leonardo Duarte Pimentel.

O sorgo (*Sorghum bicolor*) vem se destacando como opção vantajosa no cultivo de segunda safra, em sucessão com a soja no cerrado brasileiro. Todavia, estudos mostram evidências de efeito alelopático do sorgo capaz de interferir no desempenho da soja quando semeada em sucessão. Porém, pouco se sabe sobre a interferência da rebrota do sorgo sobre o desempenho da soja, e se ocorre alteração desse efeito com o tempo em condição de campo. Objetivou-se com esse trabalho avaliar o possível efeito alelopático da rebrota do sorgo sobre a soja em sucessão, em diferentes épocas de plantio após dessecação do sorgo. O experimento foi conduzido no delineamento de blocos casualizados, com 2 ambientes de semeadura da soja: após cultivo do milho e após do sorgo, sobre a rebrota (culturas antecessoras), e 5 épocas de semeadura da soja: 10, 18, 26, 34 e 42 dias após dessecação da área (DAD), com quatro repetições. Foram avaliados na soja: emergência (E), índice de velocidade de emergência (IVE), altura de plantas (AP), altura de inserção da primeira vagem (AV), número de vagens por planta (NVP), palhada (PA), produtividade de grãos (PG) e os teores foliares de N, P, K, Ca, Mg e S. Não houve interação entre os ambientes e as épocas de semeadura para análise conjunta. A soja apresentou os maiores valores para AP, AV, PA e PG quando cultivada em sucessão a rebrota de sorgo. Houve diferença entre AV entre as datas de semeadura da soja após dessecação, com os maiores valores encontrados em 34 e 42 DAD. As características E e IVE tiveram diferença apenas para as datas de semeadura, porém, não manteve um padrão esperado ao longo do tempo. Para os nutrientes foliares avaliados na soja, o N teve o maior acúmulo no ambiente de rebrota de sorgo. Já o Mg, acumulou mais no ambiente do milho. A variação dos nutrientes influenciou na produtividade da soja, que teve seus maiores valores no ambiente de rebrota de sorgo. A comparação dos ambientes dentro de cada época de semeadura da soja, não teve diferença entre E e IVE. Em contrapartida, todas épocas de plantio tiveram as maiores médias no ambiente com sorgo para AV, NVP, AP, PA e PG. Conclui-se que o desenvolvimento da soja foi beneficiado na presença da palhada da rebrota do sorgo, não evidenciando efeito alelopático tóxico nas condições do experimento sobre a cultura da soja.

**Palavras-chave:** *Sorghum bicolor*. *Glicine max*. Aleloquímicos. *Zea mays*.

## ABSTRACT

PAIXÃO, Mateus Queiroz, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, August, 2019. **Performance of soybean grown in succession to corn and sorghum.** Advisor: Luiz Antônio dos Santos Dias. Co-advisor: Leonardo Duarte Pimentel.

The Sorghum (*Sorghum bicolor*) has been highlighted as an advantageous option in second crop cultivation, in succession with soybeans in the Brazilian cerrado. However, studies show evidence of an allelopathic effect of sorghum that can interfere with soybean performance when sown in succession. However, little is known about the interference of sorghum regrowth on soybean performance, and whether this effect changes over time under field conditions. The objective of this study was to evaluate the possible allelopathic effect of sorghum regrowth on soybean in succession at different planting times after sorghum desiccation. The experiment was conducted in a randomized block design with 2 soybean sowing environments: after corn cultivation and after sorghum, on regrowth (predecessor crops), and 5 soybean sowing times: 10, 18, 26, 34 and 42 days after area desiccation (DAD), with four repetitions. The following were evaluated in soybean: emergence (E), emergence speed index (LVI), plant height (AP), first pod insertion height (AV), number of pods per plant (NVP), straw (PA), grain yield (PG) and leaf contents of N, P, K, Ca, Mg and S. There was no interaction between environments and sowing dates for joint analysis. Soybean presented the highest values for AP, AV, PA and PG when cultivated in succession to sorghum regrowth. There was a difference between VA between soybean sowing dates after desiccation, with the highest values found at 34 and 42 DAD. Characteristics E and IVE differed only for sowing dates, but did not maintain an expected pattern over time. For the leaf nutrients evaluated in soybean, N had the highest accumulation in the environment of sorghum regrowth. Already Mg, accumulated more in the environment of corn. The variation of nutrients influenced soybean yield, which had its highest values in the environment of sorghum regrowth. The comparison of environments within each soybean sowing season had no difference between E and IVE. In contrast, all planting seasons had the highest averages in the environment with sorghum for AV, NVP, AP, PA and PG. It was concluded that soybean development benefited in the presence of sorghum regrowth straw, showing no toxic allelopathic effect under the conditions of the experiment on soybean crop.

**Keywords:** *Sorghum bicolor*. *Glicine max*. Allelochemicals. *Zea mays*

## LISTA DE FIGURAS E TABELAS

	Página
<b>Figura 1.</b> Croqui da área experimental para as culturas antecessoras	14
<b>Figura 2.</b> Precipitação (Pp) (mm), temperaturas (T) (°C) máxima e mínima do ar (°C) da estação experimental onde foi cultivada a soja em sucessão às culturas antecessoras (milho e sorgo).	15
<b>Figura 3.</b> Altura de planta (AP, cm), altura de inserção de primeira vagem (AV, cm), peso da palhada (PA, kg.ha <sup>-1</sup> ) e Produtividade de grãos (PG, kg.ha <sup>-1</sup> ) da soja cultivada em sucessão ao cultivo de milho e rebrota do sorgo. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de tukey a 5% de probabilidade.	21
<b>Figura 4.</b> Emergência (E, %), índice de velocidade de emergência (IVE), altura de inserção de primeira vagem (AV, cm), número de vagens por planta (NVP) da soja em função ao tempo de semeadura após a dessecação. (°p < 0,1). (**p < 0,01). <sup>ns</sup> não significativo.	22
<b>Figura 5.</b> Análise correspondente ao acúmulo de nitrogênio (N, g kg <sup>-1</sup> ) e magnésio (Mg, g kg <sup>-1</sup> ) na parte aérea da soja, no estágio R2, em função das culturas antecessoras milho e rebrota de sorgo. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de tukey a 5% de probabilidade.	23
<b>Figura 6.</b> Análise de regressão para os teores de nutrientes P, K, Ca e S em folhas de soja, em relação a data de semeadura após dessecação. (**p < 0,01). <sup>ns</sup> não significativo.	24
<b>Figura 7.</b> Análise de regressão para os teores de nutrientes P, K, Ca e S em folhas de soja, em relação a data de semeadura após dessecação. (**p < 0,01). <sup>ns</sup> não significativo	25
<b>Figura 8.</b> Análise de regressão para os teores de nutrientes P, K, Ca e S em folhas de soja, em relação a data de semeadura após dessecação. (**p < 0,01). <sup>ns</sup> não significativo	27
<b>Tabela 1.</b> Resumo das análises de variância para a emergência (E), índice de velocidade de emergência (IVE), altura de planta (AP), altura de inserção da primeira vagem (AV), número de vagens por planta (NVP), peso da palhada (PA), produtividade de grãos (PG) e análises foliares de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) da soja, em função da cultura antecessora e época de plantio após dessecação.	20

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	10
2. MATERIAL E MÉTODOS .....	13
2.1. Culturas antecessoras: sorgo e milho .....	13
2.2. Implementação e manejo da cultura da soja .....	14
2.3. Características avaliadas .....	15
2.3.1. Avaliação nutricional .....	15
2.3.2. Emergência e índice de velocidade de emergência .....	16
2.3.3. Altura de planta, altura de inserção da primeira vagem e número de vagens por planta .....	16
2.3.4. Peso da palhada e produtividade de grãos .....	16
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	18
4. CONCLUSÕES .....	28
5. REFERÊNCIAS .....	29

## 1. INTRODUÇÃO

A soja [*Glycine max* (L.) Merrill] é o principal produto agrícola no Brasil voltado para exportação. Com uma área cultivada de 35,1 milhões de hectares, e produtividade média de 3,382 kg/ha (CONAB, 2018). Seu cultivo inicia-se entre outubro e novembro, período de maior disponibilidade hídrica, e a segunda safra no outono/inverno, com destaque para gramíneas como o milho e o sorgo. Contudo, o milho cultivado em segunda safra é afetado pela seca em algumas regiões, devido sua susceptibilidade ao estresse hídrico (MAGALHÃES, 2006). Neste contexto o sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] destaca-se por apresentar resistência a condições de baixa disponibilidade hídrica.

O sorgo apresenta características biológicas capazes de paralisar o crescimento, diminuindo, assim, o funcionamento de seu metabolismo durante o período de estresse, e retomando seu crescimento posteriormente (AMARAL et al., 2003). Quando comparado ao milho, apresenta menor custo de produção e 95% do seu valor nutritivo (FIALHO et al., 2002). Desta forma, é possível notar a importância desta cultura em ambientes com restrição hídrica, tanto para produção de grãos e forragem, onde há maior risco para outras culturas, notadamente o milho. Outra característica vantajosa do sorgo, como cultivo de segunda safra, é a capacidade de rebrota e a produção de matéria seca com alta relação C/N, fator importante no sistema de plantio direto (DAN et al., 2010).

A rebrota do sorgo está ligada à capacidade da planta em manter seu sistema radicular ativo mesmo após a colheita, com novo crescimento vegetativo e reprodutivo (BATISTA et al., 2018). A manutenção da rebrota permite ao produtor ter o solo coberto até o plantio da soja em sucessão, minimizando o desenvolvimento de plantas daninhas e a rápida degradação da palhada, como ocorre nas regiões de clima tropical (ALVARENGA et al., 2001). Contudo, há relatos que o sorgo apresenta substâncias capazes de inibir ou dificultar o crescimento da soja. Em experimento realizado em casa de vegetação, foi possível confirmar efeito alelopático do sorgo sobre a soja plantada em sucessão (OLIBONE et al., 2006).

A alelopatia é o efeito causado por substâncias presentes na raiz, caule ou folhas, capazes de interferir negativa ou positivamente no crescimento e desenvolvimento das plantas. Essas substâncias podem interferir na germinação de sementes, impedir o crescimento de raízes, causar clorose nas folhas e até a morte da planta (RICE, 1984).

Na prática, para muitos existe a dificuldade em diferenciar os efeitos causados pela alelopatia e a competição entre plantas.

A competição pode ser definida como um processo em que organismos disputam por algum recurso limitado, como, água, luz e nutrientes. Já a alelopatia é o efeito causado sobre um organismo, o qual é afetado de forma positiva ou negativa, enquanto o outro permanece inalterado, ou seja, apenas um indivíduo é modificado (RADOSEVICH et al., 1997). Contudo, ambos mecanismos podem acontecer simultaneamente no campo.

Plantas submetidas ao estresse nutricional devido a competição, podem produzir substâncias secundárias como forma de defesa ou pela alteração do seu metabolismo. Essas substâncias podem ser liberadas por plantas cultivadas ou plantas daninhas, alterando o crescimento ou desenvolvimento de plantas, esse efeito indireto é dito alelopatia (KLEIN & BLUM, 1990). Portanto, na prática existe essa dificuldade de diferenciar tais efeitos. O conhecimento aliado a observação a longo prazo, são fatores fundamentais para distinguir ambos efeitos.

A melhor maneira de identificar o efeito alelopático é avaliando sua presença e concentração no ambiente. RICE (1984), estabeleceu várias categorias de compostos alelopáticos, entre eles: taninos hidrolisáveis, ácido benzoico, esteroides e ácidos orgânicos solúveis em água. Assim, uma maneira indireta de avaliar a alelopatia é utilizando a aplicação de extratos de plantas que contenha tais substâncias. Várias pesquisas realizadas com sorgo, inclui a utilização de extratos quem resultaram no potencial alelopático sobre plantas daninhas e a soja em sucessão (MATEUS et al., 2004; TREZZI & VIDAL, 2004; CORREIA et al., 2005). Dentre os compostos presentes nos extratos e exsudados radiculas do sorgo, o de maior expressão na atividade alelopática é denominado sorgoleone.

O sorgoleone está presente em 90% dos exsudados oleosos das raízes do sorgo. O termo sorgoleone é utilizado para descrever o componente 2-hidroxi-5-metoxi-3-[(Z,Z)- 8',11',14'-pentadecatrieno]-p-benzoquinona (DAYAN, 2006). Após sua exsudação no solo, o sorgoleone se oxida para uma forma altamente fitotóxica (MARCHI et al., 2008). Ademais, possui um longo tempo de meia-vida, desta forma, pode afetar o desenvolvimento celular por longo período de tempo (DAYAN et al., 2007; BARBOSA et al., 2010). Entretanto, apesar dos experimentos citados anteriormente, há poucos dados disponíveis sobre o efeito dessas substâncias alelopáticas a nível de campo.

O cultivo em nível de campo tem uma dinâmica maior quando comparado a casa de vegetação, influenciando nos processos físicos, químicos e biológico do solo. Em experimento de campo, BIESDORF et al. (2018) concluíram que após 40 dias da colheita do sorgo não ocorre mais efeito alelopático sobre a soja em sucessão. Portanto, pode ocorrer alterações de retenção, transporte, transformação e degradação das substâncias alelopáticas presentes nos restos culturais (CHENG, 1992). No campo, outro fator que pode maximizar o problema está relacionado aos sistemas de plantio direto, onde não há incorporação no solo dos restos culturais do sorgo. Segundo ALMEIDA (1991), no plantio direto a degradação da palhada é mais lenta, concentrando as substâncias alelopáticas na camada superficial do solo. Isso, leva as plantas cultivadas em sucessão a maior exposição as essas substâncias ao longo do tempo. Todavia, pouco se conhece sobre o efeito alelopático quando se trata da rebrota do sorgo.

Nos experimentos anteriormente citados, o plantio da soja foi realizado logo após ao corte do sorgo, na maioria das vezes antes da fase reprodutiva. Portanto, não foi avaliado o potencial alelopático da rebrota do sorgo sobre a soja em sucessão. Na prática, a semeadura normal da soja (com exceção do Hemisfério Norte) ocorre entre outubro a final de novembro (CÂMARA et al., 2015). A segunda safra, geralmente o milho ou outra gramínea como sorgo, tem sua semeadura com início em janeiro e pode se estender até março. Assim, existe um intervalo de pelo menos 90 dias entre a colheita do sorgo e o plantio da soja em sucessão, período de crescimento da rebrota do sorgo. Assim, fica claro a necessidade de avaliar se existe efeito alelopático da rebrota do sorgo sobre a soja, visto que, ainda não se tem esse conhecimento a nível de campo.

A hipótese deste trabalho é que existe efeito alelopático da rebrota do sorgo sobre a cultura da soja semeada em sucessão, sendo este, suprimido e incapaz de alterar o desenvolvimento da soja quando cultivada após certo período da dessecação da rebrota do sorgo. O objetivo foi avaliar o possível efeito alelopático da rebrota do sorgo sobre o desenvolvimento e produtividade da cultura da soja em sucessão, em diferentes épocas de plantio após dessecação.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Culturas antecessoras: sorgo e milho

O experimento foi realizado no campo experimental “Diogo Alves Mello” na Universidade Federal de Viçosa (UFV), Campus Viçosa (MG). A área se encontra nas coordenadas geográficas 20°46' de latitude sul e 45°52' de longitude Oeste, a altitude de 650 m. O clima da região é subtropical úmido com inverno seco e verão quente (Koeppen-Geiger), com temperatura média anual de 21 °C e precipitação pluvial anual de 1200 mm.

O solo é classificado como Argissolo Vermelho Amarelo distroférico (EMBRAPA, 2013). Com as seguintes características: pH (H<sub>2</sub>O) = 5,44; P= 56,5 mg dm<sup>-3</sup>; K<sup>+</sup> = 189 mg dm<sup>-3</sup>; Ca<sup>2+</sup> = 4,75 cmolc dm<sup>-3</sup>; Mg<sup>2+</sup> = 1,08 mg dm<sup>-3</sup>; Al<sup>3+</sup> = 0,00 cmolc, dm<sup>-3</sup>; H<sup>+</sup> Al = 4,3 cmolc, dm<sup>-3</sup>; CTC(t) = 6,31 cmolc, dm<sup>-3</sup> e V = 59,5%.

Foi realizado previamente na área a semeadura das culturas antecessoras milho e sorgo no período de janeiro a maio de 2018. Foram utilizadas sementes de milho cv. BG7049YH e sorgo forrageiro cv. BRS 658. A área experimental possui dimensões de 24 x 36 m (864 m<sup>2</sup>) e foi dividida entre as duas culturas (Figura 1). O espaçamento utilizado foi de 0,90 m entre linhas para ambas culturas, perfazendo um total de 40 linhas de 3 m cada com 4 repetições por cultura avaliada (blocos). Utilizou-se 5 e 10 sementes por metro linear para a cultura do milho e sorgo, respectivamente, totalizando uma população de aproximadamente 60.000 plantas ha<sup>-1</sup> para o milho e 120.000 plantas ha<sup>-1</sup> para o sorgo.

O sorgo apresenta vários genótipos com concentração de aleloquímicos variável. O sorgo forrageiro e granífero estão entre as principais cultivares com maior potencial alelopático sobre outras culturas e plantas daninhas (TREZZI & VIDAL, 2004). Neste experimento foi utilizado o sorgo forrageiro devido a disponibilidade das sementes.

Foram realizadas duas adubações, sendo a primeira no momento da semeadura com 270 kg ha<sup>-1</sup> do formulado (N-P-K) 08-28-16, e outra 30 dias após a semeadura, com 850 kg ha<sup>-1</sup> de sulfato de amônio. Ao final do experimento foi realizado a colheita de ambas culturas, e os restos vegetais foram deixados na área, de forma a reproduzir o que acontece nos grandes campos de produção. Os resultados deste experimento foram utilizados para defesa de dissertação de outro pesquisador (BENGALA, 2019).



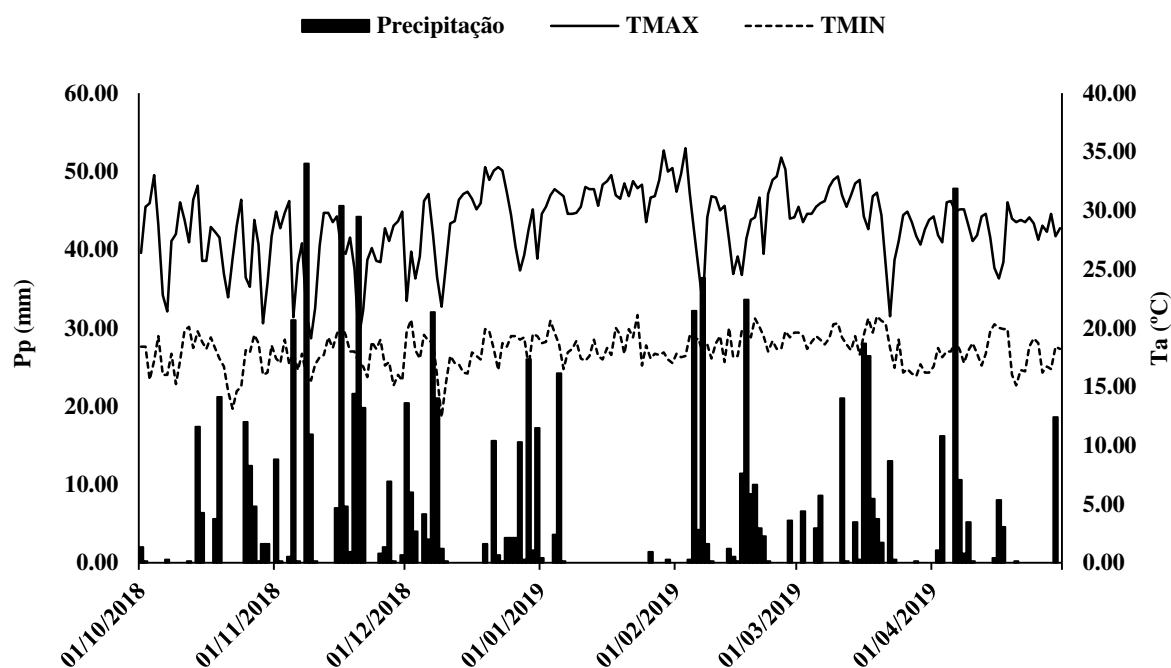
**Figura 1.** Croqui da área experimental para as culturas antecessoras

## 2.2. Implementação e manejo da cultura da soja

Neste estudo foram realizados dois experimentos simultâneos, sendo dois ambientes para sucessão com a soja: rebrota do sorgo e o milho (culturas antecessoras). O experimento foi conduzido no Delineamento em Blocos Casualizados (DBC), com 5 tratamentos e 4 repetições para cada área experimental avaliada. Os tratamentos consistiram em diferentes épocas de plantio, contados após dessecação das áreas: 10, 18, 26, 34 e 42 dias após dessecação (DAD). Cada experimento foi constituído de 20 unidades experimentais com dimensões de 3 m x 5 m (15 m<sup>2</sup>). Cada parcela foi composta por 6 linhas de 5 m cada, sendo utilizado como área útil de coleta as 2 linhas centrais, descartando-se 1 m de cada extremidade.

A soja utilizada foi a INTACTA RR2 PRO<sup>®</sup>, com resistência ao glifosato e capacidade de auxiliar no manejo de pragas da seguinte espécie: lagarta-da-soja, a falsa-medideira, a lagarta-das-maçãs, a broca das axilas, lagarta-elasma e *Helicoverpa armigera*. No dia 1º de outubro de 2018 foi realizado a dessecação de ambas áreas experimentais com a aplicação de 3 L/ha de glifosato (dia 0). A semeadura foi manual e iniciou-se em 11 de outubro de 2018 para o primeiro tratamento, com um total de 20 sementes por metro e espaçamento de 0,5 m entre fileira, totalizando uma população de 400 mil plantas/ha. Os dados climáticos do período experimental da soja foram coletados e se encontram na Figura 2.

A adubação foi realizada de acordo com a recomendação para alta produtividade na cultura da soja, totalizando 400 kg/ha do formulado (N-P-K) 05-27-10, conforme a análise de solo citada anteriormente. Após 50 dias da dessecação da área foi realizado o controle das plantas daninhas com 3 L/ha de glifosato. Para o controle de doenças foi realizado duas aplicações do fungicida Elatus (Azoxistrobina 300 g/kg com Benzovindiflupir 150 g/kg) 90 dias após a semeadura do 1º tratamento (10 DAD).



**Figura 2.** Precipitação (Pp) (mm), temperaturas (T) (°C) máxima e mínima do ar (°C) da estação experimental onde foi cultivada a soja em sucessão às culturas antecessoras (milho e sorgo).

## 2.3. Características avaliadas

### 2.3.1. Avaliação nutricional

Para avaliação nutricional da soja foi coletada no estágio R2 (pleno florescimento), na área útil de cada parcela, a terceira folha totalmente desenvolvida a partir do ápice da haste principal, seguindo a metodologia de RAIJ et al. (1996). Ao total foram coletadas 30 folhas aleatoriamente em cada parcela, as quais foram encaminhadas ao laboratório, onde foram lavadas com água corrente e detergente a 1% e em seguida com água destilada. Todo material foi armazenado em sacos de papel e acomodados em estufa de

circulação e renovação de ar forçado a 60-70 °C até massa constante. Por último, as folhas secas foram moídas em moinho tipo Willey, e posteriormente determinaram-se os teores dos macronutrientes N, P, K, Ca, Mg e S, seguindo a metodologia de MALAVOLTA et al. (1997).

### **2.3.2. Emergência e índice de velocidade de emergência**

Após semeadura, avaliou-se a porcentagem de plantas emergidas (E), e calculou-se o índice de velocidade de emergência (IVE) nas 2 linhas centrais em todas parcelas experimentais de cada tratamento. A emergência foi avaliada no 15º dia após a semeadura de cada tratamento. Para calcular o índice de velocidade de emergência foram realizadas contagens diárias até o 15º dia após semeadura. Para isso, considerou-se como emergidas as plântulas com os cotilédones totalmente acima do solo, posteriormente o IVE foi calculado de acordo com MAGUIRE (1962) (Eq. 1).

$$\text{IVE} = (E1/N1) + (E2/N2) + (E3/N3) + \dots + (En/Nn) \quad \text{Eq. 1}$$

Onde, E1, E2, E3..., En = número de planta na primeira, segunda, terceira e última contagem; N1, N2, N3..., Nn = dias contados da semeadura à primeira, segunda, terceira e última contagem.

### **2.3.3. Altura de planta, altura de inserção da primeira vagem e número de vagens por planta**

A determinação da população foi realizada no dia da colheita, a partir da contagem de plantas. Para isso, todas as plantas da parcela foram contadas, e o valor foi convertido para plantas por hectare (pl/ha). Para determinar a altura média de plantas e inserção da primeira vagem, foram coletadas, no estágio R8 (maturação fisiológica), 10 plantas aleatoriamente contidas na área útil de cada parcela, e com auxílio de uma fita métrica graduada em centímetros, mediu-se do colo ao ápice de cada planta e do colo a inserção da primeira vagem, respectivamente. Nas mesmas 10 plantas coletadas no estágio R8 foram determinados manualmente os números de vagens com grãos em cada planta para calcular a média de vagens por planta.

### **2.3.4. Peso da palhada e produtividade de grãos**

O peso da palhada e a produtividade de grãos, foram determinadas a partir de todas plantas coletadas no estádio R8 na área útil de cada parcela. As plantas foram enfeixadas, identificadas e levadas para secagem natural em galpão aberto. Não foi aplicado herbicida dessecante para realizar a colheita. Após secas, os feixes foram abertos em terreiro de cimento em pleno sol, para eliminação do excesso de umidade. Posteriormente, todos os feixes foram pesados e trilhados mecanicamente com auxílio de uma trilhadora estacionária. Os grãos obtidos foram abanados para retirar impurezas e acondicionados em sacos de papel identificados e, posteriormente pesados em balança de precisão (0,01g). O peso da palhada foi calculado subtraindo o peso do feixe após secagem (palha e grãos) pelo peso dos grãos trilhados em cada parcela. O peso da palhada encontrado foi convertido para kg/ha. Ao final, para calcular a produtividade em kg/ha, foi retirado uma amostra de grãos de cada saco para determinar a umidade (método da estufa – 105 °C ± 3 °C/24 horas), e realizado a correção da massa obtida na produção para 13% de umidade (base úmida).

#### **2.4. Procedimentos estatísticos**

Para as análises estatísticas foram realizados testes F, sendo as médias de tratamentos comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade para os dados qualitativos. As características quantitativas foram comparadas através de análises de regressão. Preliminarmente os dados originais foram testados para distribuição normal e homocedasticidade de variância. Tendo apresentado normalidade e variâncias residuais homogêneas processaram-se as análises de variância e de regressão com os dados originais. Análises conjuntas de variância foram processadas para cada característica, respeitando o limite de sete vezes entre o maior e o menor valor de quadrado médio residual (DIAS e BARROS, 2009). Posteriormente, Análises de variância individuais foram processadas para os dois ambientes (palhada de milho e rebrota de sorgo), considerando cada um como um experimento. Os dois experimentos foram estudados através de gráficos regressão, como objetivo principal comparar o mesmo tratamento nos dois experimentos para algumas características avaliadas: emergência, índice de velocidade de emergência, altura de inserção da primeira vagem, número de vagens, altura de planta, peso de palhada e produtividade de grãos. Os *softwares* utilizados nos processamentos foram o SAS e o SIGMAPLOT.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O desenvolvimento da soja foi afetado pelas culturas antecessoras para altura de planta (AP), altura de inserção da primeira vagem (AV), peso da palhada (PA) e produtividade de grãos (PG) (Tabela 1). Sendo os maiores valores, para todas características citadas anteriormente, em sucessão a rebrota do sorgo (Figura 3). Provavelmente, esses resultados foram possíveis devido a presença da palhada de sorgo próximo a semeadura da soja, assegurou menor incidência de plantas daninhas e maior umidade do solo (Figura 1). Esses resultados contrariam os encontrados por BIESDORF et al. (2018) quando avaliaram o efeito alelopático do sorgo sobre a soja em sucessão, e não encontraram diferenças entre as culturas antecessoras (milho e sorgo) para AP, AV e PG avaliadas ao final do ciclo da soja. Resultados não concordantes aos encontrados em trabalhos anteriores para as mesmas características e culturas (BIESDORF et al., 2018).

Não houve interação significativa entre os tratamentos dias após dessecação da área (DAD) e os ambientes (milho e rebrota do sorgo) para todas as características avaliadas (Tabela 1). Desta forma, tratamentos atuam independentemente dos ambientes, devendo ser analisados separadamente. Logo, é possível recomendar qualquer uma das culturas antecessoras para sucessão com a soja. Contudo, foi o ambiente com a rebrota de sorgo como cultura antecessora que teve os maiores valores de PG.

Para emergência (E) e índice de velocidade de emergência (IVE) não houve diferenças entre os dois ambientes avaliados, mostrando que não ocorreu efeito alelopático no crescimento inicial da soja pela rebrota do sorgo. Em contrapartida, vários autores mostraram que o sorgo como cultura antecessora influenciou negativamente no IVE da soja (OLIBONE et al., 2006; NÓBREGA et al., 2009; BIESDORF et al., 2018). Na prática existe uma janela temporal de pelo menos 100 dias entre a colheita do sorgo e a semeadura da soja, enquanto que, os trabalhos citados anteriormente tiraram conclusões para a semeadura da soja logo após colheita do sorgo. BIESDORF et al. (2018) mostraram que após 40 dias da colheita do sorgo não ocorre mais efeito alelopático sobre a soja em sucessão.

Todas as características avaliadas no ambiente com a palhada da rebrota de sorgo tiveram efeito semelhante ou benéfico, comparáveis ao ambiente da palhada de

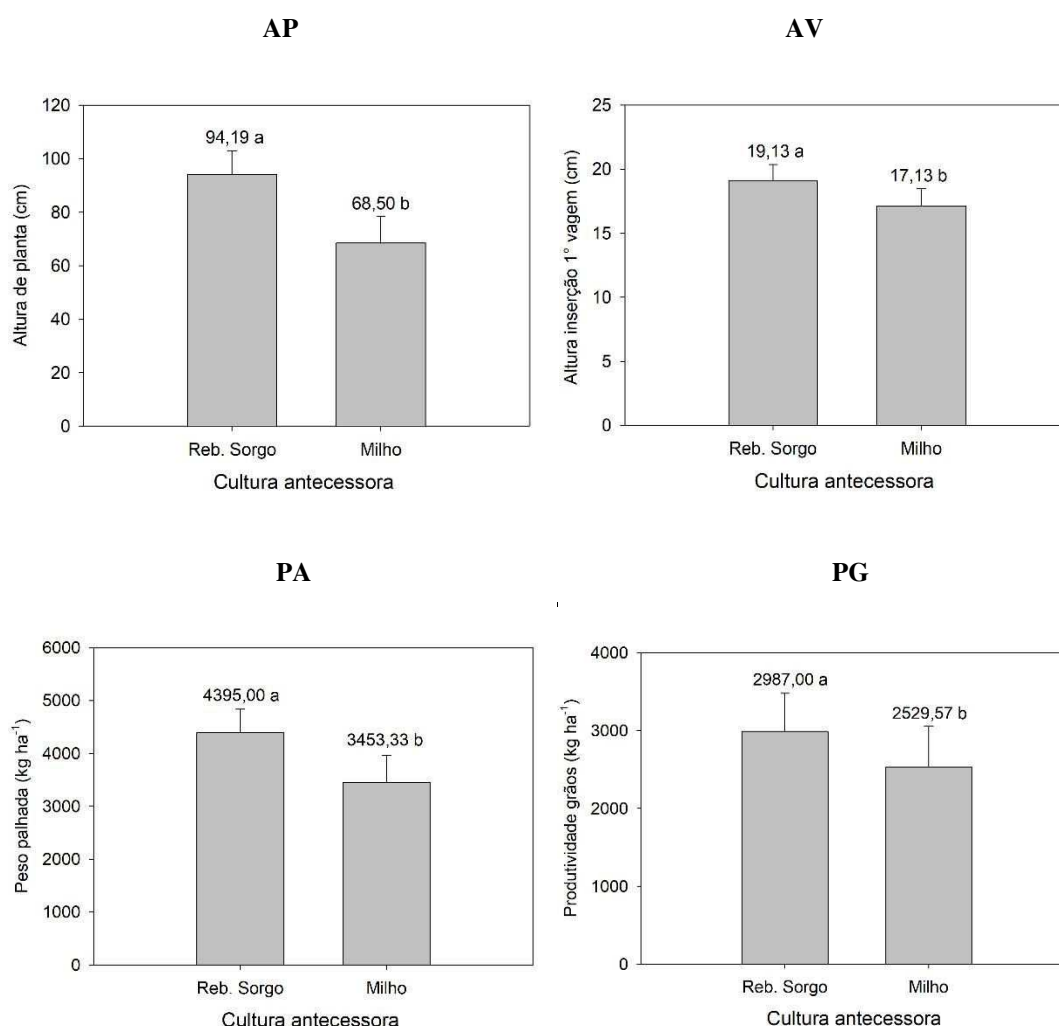
milho, no desenvolvimento da soja. Provavelmente, a manutenção da rebrota do sorgo próximo à semeadura da soja possibilitou melhor controle sobre as plantas daninhas. Segundo CORREIA (2005), a presença da palhada de sorgo propiciou uma barreira ao desenvolvimento das plantas daninhas, como também, garantiu menor infestação ao longo do tempo. Esse resultado sugere um possível efeito alelopático sobre as plantas daninhas.

Alguns autores avaliaram o efeito alelopático de diferentes cultivares de sorgo, e constataram grande variabilidade no potencial aleloquímico (BEN-HAMMOUDA et al., 1995b; BARBOSA et al., 2001). Essa variabilidade pode estar relacionada à capacidade de acumular compostos fenólicos, com potencial aleloquímico sobre outras plantas (CORREIA, 2005). Contando com esses resultados e os estudos já realizados, pouco ainda se sabe sobre a capacidade da rebrota do sorgo em acumular tais substâncias ao longo da planta.

**Tabela 1.** Resumo das análises de variância para a emergência (E), índice de velocidade de emergência (IVE), altura de planta (AP), altura de inserção da primeira vagem (AV), número de vagens por planta (NVP), peso da palhada (PA), produtividade de grãos (PG) e análises foliares de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) da soja, em função da cultura antecessora e época de plantio após dessecação.

F.V.	Valores de F													
	----- Características avaliadas -----													
	gl	E	IVE	AP	AV	NVP	PA	PG	N	P	K	Ca	Mg	S
Blocos/CA	6	0,85	0,76	1,79	1,13	0,29	0,50	2,80	1,70	0,37	0,57	1,44	1,052	1,91
CA <sup>1</sup>	1	0,01	0,06	92,40*	29,08*	3,62	25,68*	8,20*	4,74*	3,69	0,72	0,005	23,04*	0,01
ES <sup>2</sup>	4	8,073*	8,43*	3,09	5,62*	13,84*	1,70	1,75	1,77	7,24*	4,47*	11,15*	3,41	19,85*
CA x ES	4	0,42	0,76	0,49	1,66	1,32	2,80	0,82	0,46	1,75	1,50	2,14	0,79	0,83
Erro	24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CV (%) <sup>3</sup>	-	12,9	13,6	10,3	6,4	16,9	14,9	18,3	27,2	8,8	11,1	8,11	10,2	
Faixa de suficiência (g kg <sup>-1</sup> ) <sup>6</sup>									45-55	2,6-5,0	17-25	2,0-4,0	3-10	2,5

\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade; <sup>1</sup> Culturas antecessoras; <sup>2</sup> Épocas de semeadura; <sup>3</sup> Coeficiente de variação; <sup>6</sup> Faixa de suficiência de acordo com Malavolta (1997).

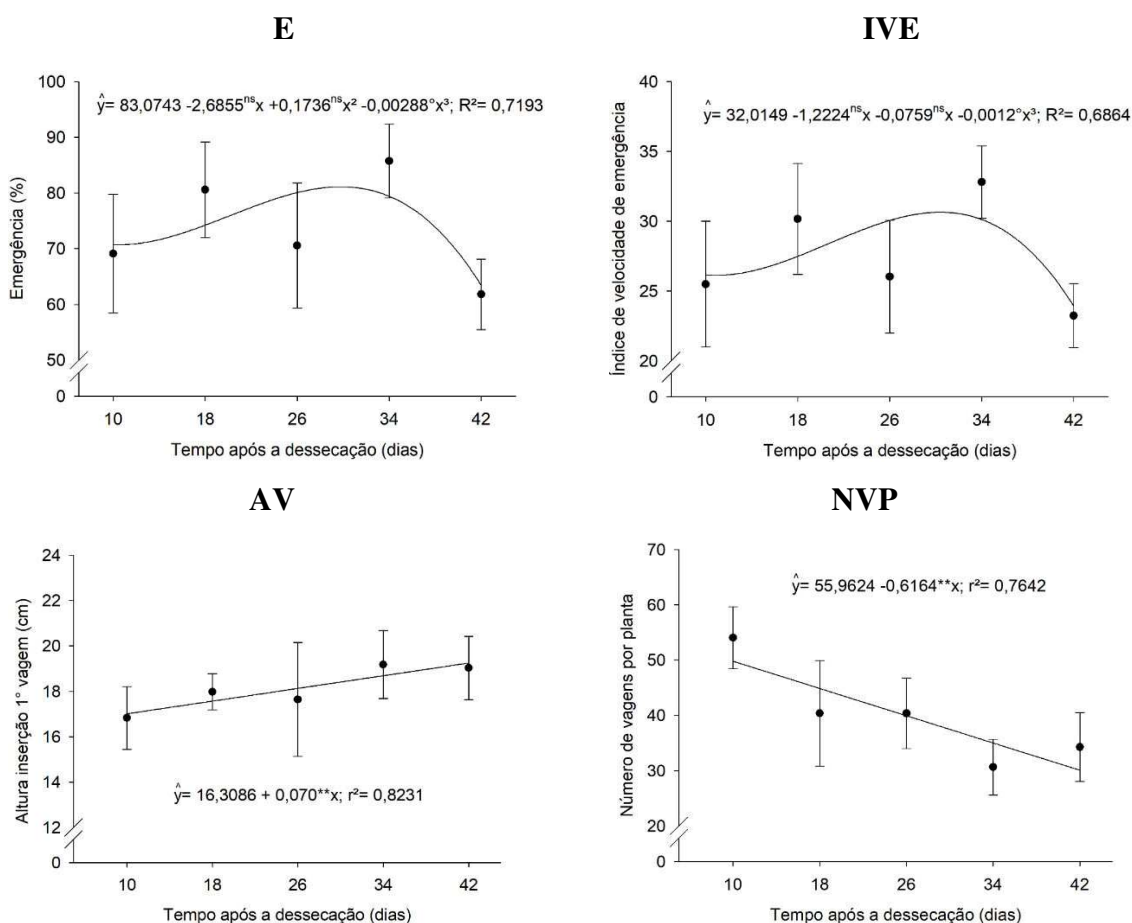


**Figura 3.** Altura de planta (AP, cm), altura de inserção de primeira vagem (AV, cm), peso da palhada (PA, kg.ha<sup>-1</sup>) e Produtividade de grãos (PG, kg.ha<sup>-1</sup>) da soja cultivada em sucessão ao cultivo de milho e rebrota do sorgo. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de tukey a 5% de probabilidade.

Para as datas de semeadura da soja, houve diferença entre os tratamentos para a emergência (E), índice de velocidade de emergência (IVE), altura de inserção da primeira vagem (AV) e número de vagens por planta (NVP) (Figura 4). A análise de regressão para E e IVE não teve um comportamento típico encontrado na literatura. Isso se deve a problemas encontrados no campo, devido à ataque de pombos e lesmas. Assim, o ajustamento ocorreu somente para equação cúbica. No geral, quando se observou redução para a E, o IVE também teve valores baixos. Assim, para os tratamentos 10, 26 e 42 DAD a Emergência foi baixa e as plantas demoraram mais tempo para emergir.

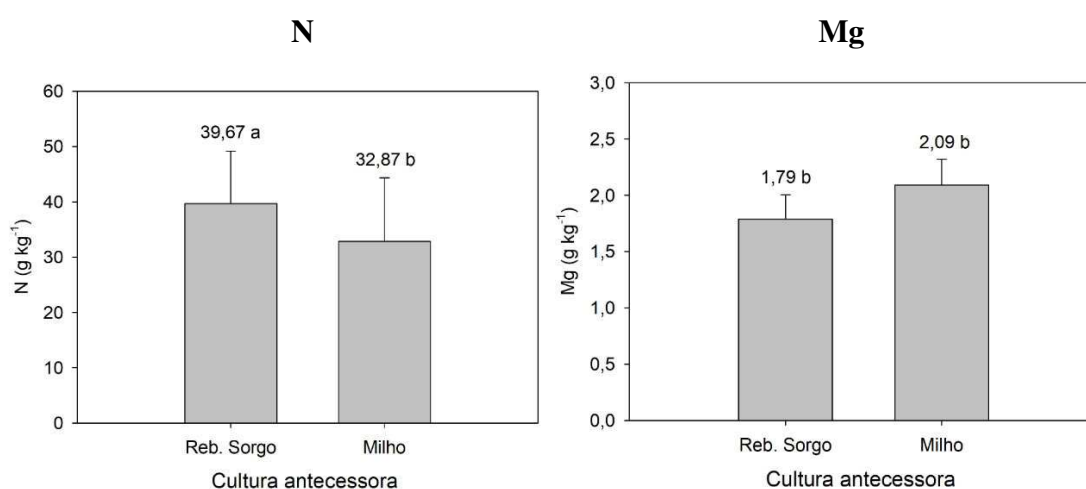
O menor valor para AV foi encontrado no primeiro tratamento 10 DAD, com média de 16,82 cm de altura. Segundo MEDINA (1994) e QUEIROZ et al. (1981) a AV tem papel importante na colheita, devido à altura da plataforma de corte. Com isso, o ideal é ter plantas com no mínimo 13 cm de AV para evitar perdas de vagens durante a colheita. Apesar da diferença encontrada entre os tratamentos avaliados, todas plantas tiveram a AV acima do mínimo ideal para mecanização. Portanto, em relação a AV não ocorreria problemas de perdas entre os tratamentos avaliados neste experimento.

Quando se comparou o NVP entre os dias após dessecação, o maior valor foi encontrado no primeiro tratamento com média de 54,05 vagens por planta. O NVP é um parâmetro utilizado como componente de rendimento para estimar a produtividade da soja (SANTOS *et al.*, 2014). Contudo, mesmo ocorrendo tal diferença entre os tratamentos (DAD), a produtividade não diferiu entre as DAD. Isso ocorreu devido à plasticidade fenotípica da soja. Essa característica permite a planta alterar seus componentes de rendimento, mantendo a produtividade constante, mesmo sob diferentes densidades de plantas (SEDIYAMA, 2009; PETTER *et al.*, 2016).



**Figura 4.** Emergência (E, %), índice de velocidade de emergência (IVE), altura de inserção de primeira vagem (AV, cm), número de vagens por planta (NVP) da soja em função ao tempo de semeadura após a dessecação. ( $^{\circ}p < 0,1$ ). (\*\* $p < 0,01$ ). <sup>ns</sup> não significativo.

Em relação às características nutricionais avaliadas, os dois ambientes (rebrotas de sorgo e milho) tiveram diferenças apenas para N e Mg (Figura 5). Em contrapartida, os teores foliares de N e Mg da soja não tiveram interferência significativa em relação as datas de semeadura após dessecação. Contudo, os teores foliares de P, K, Ca e S foram divergentes entre as datas de semeadura (Figura 6).

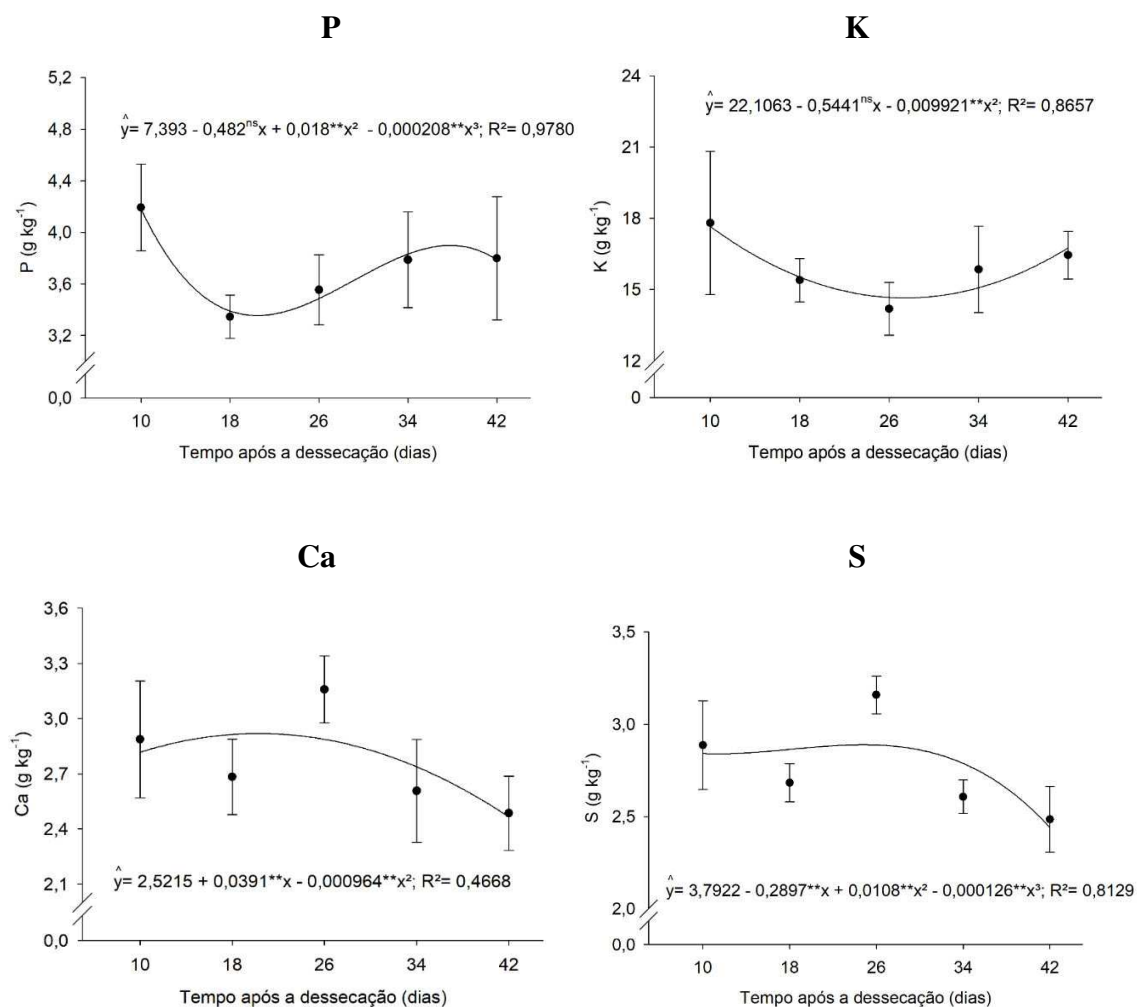


**Figura 5.** Análise correspondente ao acúmulo de nitrogênio (N, g kg<sup>-1</sup>) e magnésio (Mg, g kg<sup>-1</sup>) na parte aérea da soja, no estágio R2, em função das culturas antecessoras milho e rebrota de sorgo. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de tukey a 5% de probabilidade.

O maior valor para N foi encontrado no ambiente com a rebrota do sorgo, enquanto o Mg teve seu maior acúmulo no ambiente de milho (Figura 5). Possivelmente, como a área com a rebrota de sorgo teve uma manutenção da palhada próximo ao cultivo da soja, ocorreu a liberação gradativa de N com a degradação da palhada. Com isso, houve maior acúmulo de N pela soja, visto que, a palhada da área de milho já estava no campo há mais de 100 dias. Outro fator importante, é a capacidade da soja em fixar o N atmosférico, o que explica o comportamento similar do teor de N ao longo das datas de semeadura.

Em relação ao Mg, apesar do seu maior acúmulo foliar da soja no ambiente de milho, foi o ambiente com a rebrota de sorgo que proporcionou os maiores valores de palhada e produtividade de grãos. Os resultados deixam evidente que apesar no Mg

estar abaixo do mínimo recomendado, este não foi limitante ao desenvolvimento da soja na área com a rebrota de sorgo (MALAVOLTA, 1997).

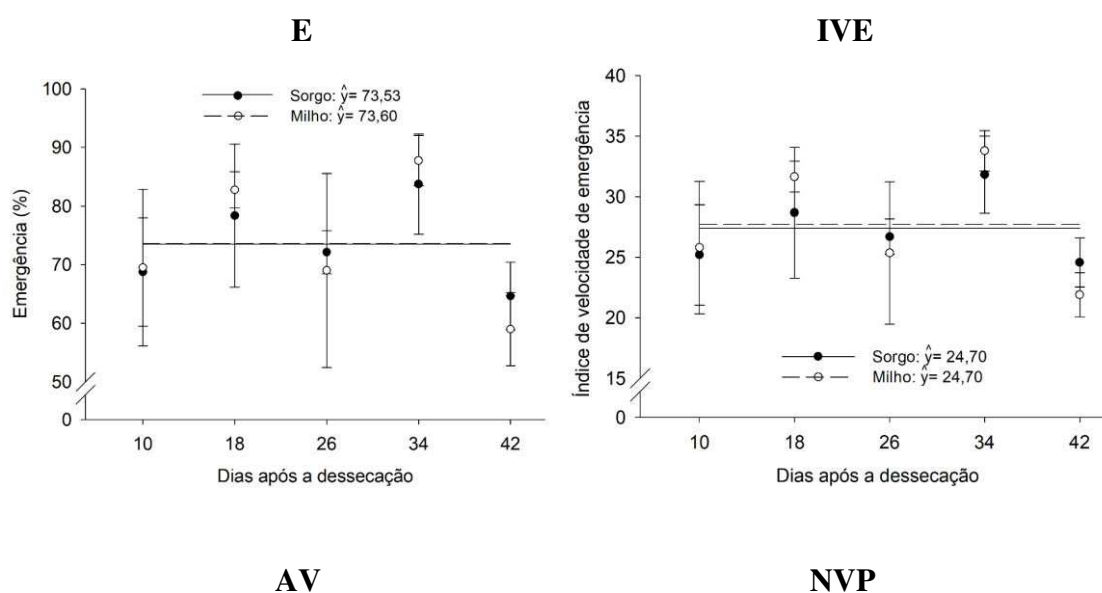


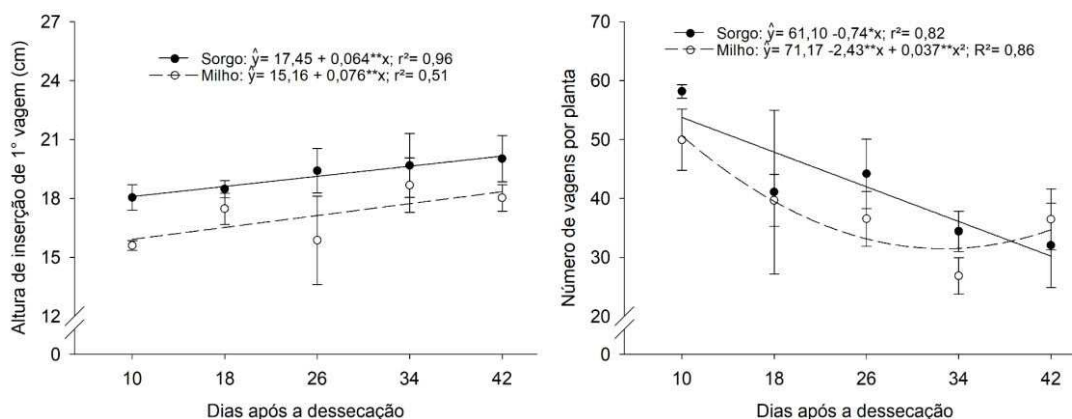
**Figura 6.** Análise de regressão para os teores de nutrientes P, K, Ca e S em folhas de soja, em relação a data de semeadura após dessecação. (\*\* $p < 0,01$ ). <sup>ns</sup> não significativo.

Quando se compararam os nutrientes da Figura 6, não foram observadas diferenças entre os dois ambientes avaliados. Fica claro, que as diferenças encontradas para os tratamentos não estão diretamente relacionadas aos ambientes, visto que, não houve interação entre os dois fatores. O P e o K se ajustaram a equação quadrática e tiveram comportamento semelhante ao longo das datas de semeadura da soja. Ambos nutrientes tiveram os maiores acúmulos em 10, 34 e 42 DAD, com decréscimo em 18 e 26 DAD. É válido ressaltar que, todos valores observados de P ficaram dentro da faixa adequada de nutrientes.

O Ca e o S também tiveram comportamento semelhante entre os tratamentos (Figura 6). Porém, o Ca teve um ajustamento quadrático com baixo valor de  $R^2$ , provavelmente devido ao grande desvio entre os blocos. Contudo, todos valores de Ca ficaram dentro da faixa adequado do nutriente. Já o S se ajustou à função cúbica com alto valor de  $R^2$ , mas todos valores ficaram dentro da faixa de deficiência (MALAVOLTA, 1997).

Para as análises de variância realizadas em ambos experimentos separadamente, os resultados da comparação pelos gráficos de regressão encontram-se nas figuras 7 e 8. Os resultados dos gráficos permitem comparar o mesmo tratamento nos dois ambientes avaliados, ou seja, 10 DAD ambiente do milho com 10 DAD ambiente da rebrota do sorgo, e assim sucessivamente para as demais épocas de semeadura da soja. Observa-se que para emergência e índice de velocidade de emergência nenhum dos tratamentos estudados isoladamente tiveram diferença entre si. Por se tratar de uma comparação realizada no mesmo tempo de plantio, a semelhança entre os tratamentos se deve as condições climáticas e profundidade de plantio serem iguais para ambos. Portanto, em condição de campo não constatado o efeito alelopático prejudicial a E e IVE encontrado por OLIBONE et al. (2006).





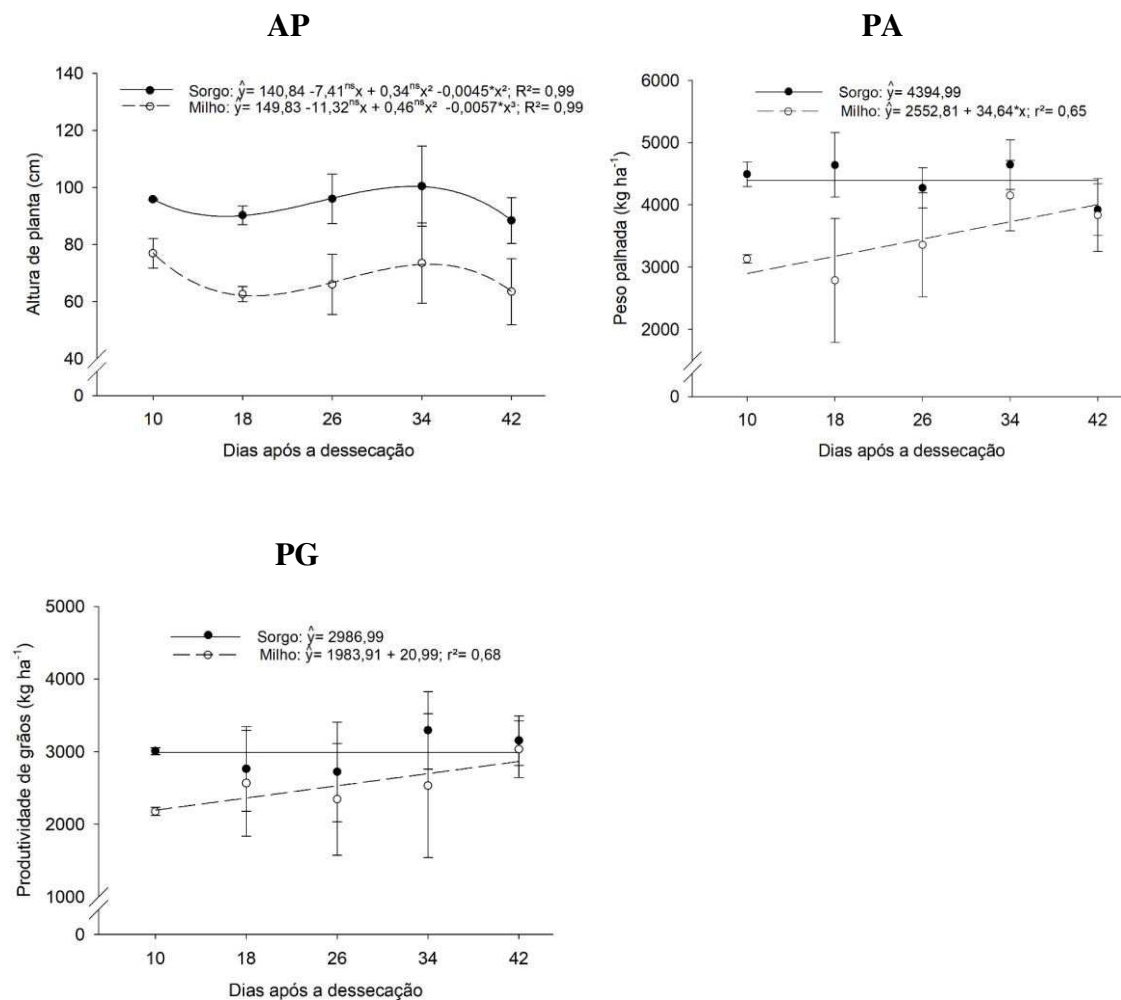
**Figura 7.** Análise de regressão para os teores de nutrientes P, K, Ca e S em folhas de soja, em relação a data de semeadura após dessecação. (\*\*p < 0,01). <sup>ns</sup> não significativo

Para a altura de inserção de 1º vagem (AV) da soja, todas épocas de semeadura (DAD) tiveram médias superiores no ambiente com sorgo. Possivelmente, o aumento de material vegetal no solo próximo a semeadura da soja, foi responsável pela maior taxa de crescimento das plantas, devido a proteção do solo e conservação da umidade. Contudo, a altura de vagem, como já citada no texto, tem importância na hora da colheita. Segundo MEDINA (1994) e QUEIROZ et al. (1981) a AV ideal é 13 cm, abaixo desta altura há perdas de vagens devido à altura de corte da plataforma. Quando comparados, todas DAD para os dois ambientes estudados ficaram acima do mínimo adequado para colheita.

O número de vagens por planta (NVP) manteve média superior para o ambiente com sorgo até 34 DAD. Somente aos 42 DAD o ambiente com milho obteve média de vagens superior. O NVP pode ser utilizado como método indireto para calcular a produtividade. Porém, a cultura da soja possui plasticidade fenotípica, alterando as características responsáveis pelo rendimento final de grãos (SEDIYAMA, 2009; PETTER *et al.*, 2016). Por isso, o NVP não acompanhou os valores de produtividade em 34 DAD (Figura 7), onde o ambiente com sorgo teve os maiores valores de produção de grãos, como será discutido adiante.

Para altura de planta, peso de palhada e produtividade de grãos, todas as médias foram maiores no ambiente com sorgo (figura 8). De maneira geral, observa-se que os valores encontrados quando não foram iguais entre os dois ambientes, para a mesma época de plantio, apresentaram resultados superiores para o ambiente com sorgo. Esses resultados deixam evidentes que não ocorreu efeito fitotóxico pela palhada de sorgo, e sim o contrário. Portanto, fica evidente o efeito benéfico da manutenção do sorgo

próximo ao plantio da soja, garantido os maiores valores de produtividade para o ambiente com sorgo.



**Figura 8.** Análise de regressão para os teores de nutrientes P, K, Ca e S em folhas de soja, em relação a data de semeadura após dessecação. (\*\*p < 0,01). <sup>ns</sup> não significativo

Por fim, os trabalhos citados anteriormente estudaram o efeito da rebrota do sorgo sobre a soja em sucessão, confirmando somente o efeito alelopático tóxico sobre a soja após o primeiro corte do sorgo. Em contrapartida, este trabalho mostrou que as substâncias alelopáticas, caso presentes na rebrota do sorgo, não foram capazes de interferir no desenvolvimento da soja em sucessão. A presença da palhada próximo ao cultivo da soja assegurou os maiores valores na produtividade. Portanto, a rebrota de sorgo tem potencial para ser utilizada como fornecedora de palhada no plantio de segunda safra.

#### **4. CONCLUSÕES**

A produtividade da soja foi superior na presença da palhada da rebrota de sorgo, em comparação a palhada de milho.

A manutenção da rebrota do sorgo até a data de semeadura da soja, assegurou os maiores valores encontrados para altura de planta e peso de palhada em relação aos ambientes.

A emergência e índice de velocidade de emergência não tiveram efeito significativo entre os ambientes. Houve variação da emergência e índice de velocidade de emergência entre as épocas de plantio.

A comparação entre as datas de semeadura da soja feita isoladamente entre os dois ambientes, não constataram diferença para emergência e índice de velocidade de emergência. Em contrapartida, o ambiente com sorgo assegurou os maiores valores para altura de inserção de primeira vagem, número de vagens por planta, altura de planta, peso de palhada e produtividade entre os dias após dessecação (época de semeadura).

## 5. REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, F. S. Controle de plantas daninhas em plantio direto. **Londrina: Iapar**, 1991a. (Circular técnica, n. 67).
- ALVARENGA, R.C.; CABEZAS, W.A.L.; CRUZ, J.C.; SANTANA, D.P. Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto. **Informe Agropecuário**, v.22, p.25-36, 2001.
- AMARAL, S. R. *et al.* Comportamento de linhagens de sorgo forrageiro submetidas a déficit hídrico sob condição controlada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 8, p. 973-979, 2003.
- BARBOSA, L. C. A. *et al.* Preparation and phytotoxicity of sorgoleone analogues. **Química Nova**, v. 24, n. 6, p. 751-755, 2001.
- BARBOSA, L.C.A *et al.* Synthesis and biological evaluation of 2,5-Bis(alkylamino)-1,4-benzoquinones. **Molecules**, v.15, p.5629-5643, 2010.
- BATISTA, V. A. P. *et al.* Produção de açúcares no caldo de sorgo sacarino avaliado em duas épocas de corte. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 17, n. 2, p. 263-273, 2018.
- BEN-HAMMOUDA, M.; KREMER, R. J.; MINOR, H. C.; SARWAR, M. A chemical basics for differential allelopathic potencial of sorghum hybrids on wheat. **Journal of Chemical Ecology**, New York, V. 21, n.6, p.775-786, 1995b.
- BENGALA, P. S. P. **Influência dos cultivos de 1ª e 2ª safras no crescimento e na produtividade de silagem de milho e sorgo**. 2019. 126 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Agrônômica, Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2019.
- BIESDORF, E. M. *et al.* Efeito inibitório do sorgo granífero na cultura da soja semeada em sucessão. **Revista brasileira de milho e sorgo**, v.17, n.3, p.445-459, 2018.
- CÂMARA, G. M. S. Preparo do solo e plantio. In: SEDIYAMA, T.; SILVA, F.; BORÉM, A. **Soja do plantio à colheita**. Viçosa: UFV, 2015. Cap. 4. p. 66-109.
- CHENG, H. H. A conceptual framework for assessing allelochemicals in the soil environment. In: RIZVI, S.J.H.; RIZVI, V. (Ed.). **Allelopathy: basic and applied aspects**. London: Chapman e Hall, 1992. p. 21-29.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos 2017/2018**. Brasília, DF, 2018. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>> Acesso em: 24 de abril. 2019
- CORREIA, N. M.; CENTURION, M. A.; ALVES, P. L. Influência de extratos aquosos de sorgo sobre a germinação e o desenvolvimento de plântulas de soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.3, p. 498-503, 2005.

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

DAYAN, F.E. Factors modulating the levels of the allelochemical sorgoleone in *Sorghum bicolor*. **Planta**, v.224, p.339-346, 2006.

DAYAN, F.E.; WATSON, S.B.; NANAYAKKARA, N.P.D. Biosynthesis of lipid resorcinols and benzoquinones in isolated secretory plant root hairs. **Journal of Experimental Botany**, v.58, n.12, p.6263-3272, 2007.

DIAS, L. A. S.; BARROS, W. S. **Biometria experimental**. Viçosa: Suprema. 2009. 408p.

DOS SANTOS, H. P. *et al.* Rendimento de grãos e características agrônômicas de soja em função de sistemas de rotação de culturas. **Embrapa Trigo-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2014.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3ª edição. Brasília, DF, 2013. 353p

FIALHO, E.T.; LIMA, J.A.F.; OLIVEIRA, W. et al. Substituição do milho pelo sorgo sem tanino em rações de leitões: digestibilidade dos nutrientes e desempenho animal. **Revista brasileira de milho e sorgo**, v.1, p.105-111, 2002.

KLEIN, K.; BLUM, U. Effect of soil nitrogen level on ferulic acid inhibition of cucumber leaf expansion. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 16, n. 8, p. 1371-1383, 1990.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M. Fisiologia da produção de milho. Sete Lagoas: **Embrapa Milho e Sorgo**, 2006. 10 p. (Circular Técnica, 76).

MAGUIRE, J. D. Speed of germination: aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v. 2, n. 2, p. 176-177, 1962.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. (2.ed.). Piracicaba: POTAFÓS. 1997. 319p

MARCHI, G.; MARCHI, E.C.S.; WANG, G.; MCGIFFEN, M. Effect of age of a sorghum-sudangrass hybrid on its allelopathic action. **Planta Daninha**, v.26, n.4, p.707-716, 2008.

MATEUS, G. P.; CRUSCIOL, C. A. C.; NEGRISOLI, E. Palhada do sorgo de guiné gigante no estabelecimento de plantas daninhas em área de plantio direto. **Pesq. Agropec. Bras.**, v. 39, n. 6, p. 539-542, 2004.

MEDINA, P. F. **Produção de sementes de cultivares precoces de soja, em diferentes épocas e locais do Estado de São Paulo**. 1994. 173f. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

NÓBREGA, L. H. P.; LIMA, G. P.; MARTINS, G. I.; MENEGHETTI, A. M. Germinação de sementes e crescimento de plântulas de soja (*Glycine max* L. Merrill) sob cobertura vegetal. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 31, n. 3, p. 461-465, 2009.

OLIBONE, D.; CALONEGO, J. C.; PAVINATO, P. S.; ROSOLEM, C. A. Crescimento inicial da soja sob efeito de resíduos de sorgo. **Planta Daninha**, v. 24, n. 2, p. 255-261, 2006.

PETTER, F. A. *et al.* Elevada densidade de semeadura aumenta a produtividade da soja? Respostas da radiação fotossinteticamente ativa. **Bragantia**, v.75, p.173-183, 2016.

QUEIROZ, E. F. *et al.* Recomendações técnicas para a colheita mecânica. In: MIYASAKA, S., MEDINA, J. C. (Ed.). **A soja no Brasil**. Campinas: ITAL, 1981. p.701-710.

RADOSEVICK, S.; HOLT, J.; GHERSA, C. **Weed ecology: implications for management**. 2. Ed. New York: Wiley, 1997, p. 163-214.

RAIJ, B. V. *et al.* **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**, 2.ed. Campinas: Instituto Agrônômico, 1996. 285p. (Boletim técnico, 100).

RICE, E. L. **Allelopathy**. 2nd ed. New York: Academic Press, 1984.

SEDIYAMA, T. **Tecnologias de produção e usos da soja**. Londrina: Mecenasa, 2009. 314p.

TREZZI, M. M.; VIDAL, R. A. Potencial de utilização de cobertura vegetal de sorgo e milheto na supressão de plantas daninhas em condição de campo: II-Efeitos da cobertura morta. **Planta daninha**. Londrina, PR. v. 22, n. 1, p. 1-10, 2004.