

## Sistemas de cultivo e plantas de cobertura para produção de soja no Cerrado

### Crop systems and cover crops for soybean production in the Cerrado

### Sistemas de cultivo y cultivos de cobertura para la producción de soja en el Cerrado

Recebido: 27/07/2022 | Revisado: 07/08/2022 | Aceito: 09/08/2022 | Publicado: 18/08/2022

#### **Fernanda Rosa Veloso**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8576-5595>  
Universidade Federal de Uberlândia, Brasil  
E-mail: fernandarveloso@hotmail.com

#### **Luis Fernando Vieira da Silva**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4944-9509>  
Universidade de São Paulo, Brasil  
E-mail: vieira.silva@usp.br

#### **Ana Carolina Pires Jacinto**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8184-5203>  
Universidade Federal de Uberlândia, Brasil  
E-mail: carol.agro.ufu@gmail.com

#### **Ricardo Falqueto Jorge**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5353-2877>  
Universidade Federal de Uberlândia, Brasil  
E-mail: falquetor@gmail.com

#### **Cinara Xavier de Almeida**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7079-3400>  
Universidade Federal de Uberlândia, Brasil  
E-mail: cinara@ufu.br

#### **Everson Reis Carvalho**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4925-4100>  
Universidade Federal de Lavras, Brasil  
E-mail: eversoncarvalho@ufla.br

#### **Resumo**

Objetivou-se com o presente trabalho avaliar o efeito de diferentes plantas de cobertura sobre as características agronômicas e produtividade da cultura da soja sob sistemas de cultivo Plantio Direto e Convencional. O experimento foi realizado em área experimental no município de Monte Carmelo-MG, nos anos agrícolas 2016/2017 e 2018/2019, utilizando delineamento experimental em blocos ao acaso, com quatro repetições, em esquema de faixas. Os tratamentos foram constituídos por seis espécies de plantas para cobertura de solo (2016/2017 foi semeado crotalária, feijão guandu, lab lab, milheto, sorgo e pousio e 2018/2019 foram crotalária, nabo forrageiro, feijão guandu, milheto, lab lab e pousio) e por dois sistemas de cultivo (plantio direto e plantio convencional). A cultivar de soja utilizada em 2016/2017 foi a SYN 1562 IPRO\*(RR) e em 2018/2019 a NS 7667 (Ipro, Nidera). Nas cultivares de soja foram avaliadas as seguintes características agronômicas: altura inicial das plantas, altura da primeira vagem, altura final, número de vagens por planta, número de sementes por vagem e produtividade de grãos de soja. As maiores alturas de plantas de soja foram após o cultivo de crotalária, feijão guandu, lab lab e pousio. A altura da primeira vagem foi maior sobre a palhada de crotalária, lab lab e pousio e milheto. O uso do milheto, nabo forrageiro e feijão guandu proporcionaram maior número de vagens por planta em soja cultivada. Em 2016/2017 o sistema de plantio direto proporcionou maior produtividade da soja. No sistema de plantio convencional todas as plantas de cobertura proporcionaram aumento na produtividade em 2018/2019.

**Palavras-chave:** Adubação verde; Plantio direto; Plantio convencional.

#### **Abstract**

The objective of the present work was to evaluate the effect of different cover crops on the agronomic and yield characteristics of soybean under no-tillage and conventional cropping systems. The experiment was carried out in an experimental area in the municipality of Monte Carmelo-MG, experimental agricultural years 2016/2017 and 2018/2019, using a randomized block design, with four replications, in a strip scheme. The treatments consisted of six species of plants for ground cover (2016/2017 was sown sunn hemp, pigeon pea, lab lab, millet, sorghum and fallow and 2018/2019 were sunn hemp, forage radish, pigeon pea, millet, lab lab and fallow) and by two cropping systems (no-tillage and conventional tillage). The soybean cultivar used was SYN 1562 IPRO\*(RR) in 2016/2017 and NS 7667 (Ipro, Nidera) in 2018/2019. In soybean cultivars, heights of heights: heights the final agronomic characteristics, of the first soybean, of the first plants, number of seeds per pod and plant soybean yield. The highest heights of soybean plants were after the cultivation of sunn hemp, pigeon pea, lab lab and fallow. The height of the first wave

was higher over sunn hemp straw, lab lab and fallow and millet. The use of millet, forage radish and pigeon pea will provide more pods per plant in number cultivated. In 2016/2017 the no-tillage system increased soybean productivity. In the planting system all cover crops will provide conventional yield increase in 2018/2019.

**Keywords:** Green manure; Direct planting; Conventional planting.

### Resumen

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de diferentes cultivos de cobertura sobre las características agronómicas y de rendimiento de la soja bajo sistemas de cultivo convencional y sin labranza. El experimento se realizó en un área experimental del municipio de Monte Carmelo-MG, años agrícolas experimentales 2016/2017 y 2018/2019, utilizando un diseño de bloques al azar, con cuatro repeticiones, en esquema de franjas. Los tratamientos consistieron en seis especies de plantas para cobertura del suelo (se sembró 2016/2017 cáñamo, guandú, lab lab, mijo, sorgo y barbecho y 2018/2019 fueron cáñamo, rábano forrajero, guandú, mijo, lab lab y barbecho) y por dos sistemas de cultivo (labranza cero y labranza convencional). El cultivar de soja utilizado fue SYN 1562 IPRO\*(RR) en 2016/2017 y NS 7667 (Ipro, Nidera) en 2018/2019. En los cultivares de soja, alturas de alturas: alturas de las características agronómicas finales, de la primera soja, de las primeras plantas, número de semillas por vaina y rendimiento de la planta de soja. Las mayores alturas de las plantas de soja se dieron después del cultivo de cáñamo sol, guandú, lab lab y barbecho. La altura de la primera ola fue más altas sobre paja de cáñamo, lab lab y barbecho y mijo. El uso de mijo, rábano forrajero y guandú proporcionará más vainas por planta en número cultivado. En 2016/2017 el sistema de labranza cero incrementó la productividad de la soja. En el sistema de siembra, todos los cultivos de cobertura proporcionarán un aumento de rendimiento convencional en 2018/2019.

**Palabras clave:** Abonos verdes; Siembra directa; Plantación convencional.

## 1. Introdução

O Brasil é o principal produtor mundial de soja, sendo produzidos no ano de 2021 cerca de 135,4 milhões de toneladas do grão, evidenciando o principal produto agrícola produzido no país neste ano (CONAB, 2021).

Entretanto, os avanços obtidos pelo agronegócio vêm produzindo diversos riscos e impactos nos recursos naturais, principalmente no solo, nas águas e no ar, que podem repercutir na biodiversidade, na disponibilidade hídrica, na qualidade do ar, do solo e na saúde humana (Gomes, 2019).

Diversos são os estudos sobre a expansão do cultivo da soja e os impactos ambientais, tais como Demambro et al. (2021), Gomes (2019) e Sousa et al. (2021). Nesse contexto, a atividade agrícola tem o desafio de produzir de forma sustentável (Plaza-Bonilla et al., 2016).

Para garantir a segurança hídrica e alimentar, o solo deve ser manejado com práticas agrícolas que possibilitem a manutenção de sua capacidade em absorver e disponibilizar água e nutrientes para as plantas. Neste sentido, atividades que proporcionem adequadas condições químicas, físicas e biológicas do solo são primordiais para alcançar satisfatórias produtividades nos sistemas agrícolas.

Dentre as práticas de conservação do solo a utilização das plantas de cobertura nos sistemas de cultivo vêm sendo amplamente difundidas como alternativa para incrementar os sistemas de manejo do solo, protegendo-o contra processos degradantes. Sendo que, a produção de palha em áreas de semeadura direta contribui para a manutenção da qualidade estrutural do solo e dos seus atributos, proteção contra a erosão pelo maior aporte de biomassa vegetal, e para a produtividade das culturas comerciais (Silva et al., 2022; Wolschick et al., 2016).

Além disso, a prática de rotação e sucessão de culturas é essencial para o bom funcionamento desse sistema produtivo e considerada fundamento do plantio direto, que configuram um equilíbrio ao solo e a manutenção dos nutrientes disponíveis (Salomão et al., 2020).

Assim sendo dada a importância da cultura da soja aliada as práticas de conservação do solo e redução dos impactos ambientais, objetivou-se com o presente trabalho avaliar o efeito de diferentes plantas de cobertura sobre as características agronômicas e produtividade da cultura da soja sob sistemas de cultivo Plantio Direto e Convencional.

## 2. Metodologia

O estudo foi realizado na área experimental da Universidade Federal de Uberlândia, estado de Minas Gerais, no município de Monte Carmelo. As coordenadas geográficas são 18° 43' 31" latitude sul e 47° 31' 21" longitude oeste e possui altitude média de 908 metros. O clima da região, segundo Köppen e Geiger, (Kottek et al., 2006) é o Cwa (subtropical), caracterizado como clima com verão quente e inverno seco, com regime pluviométrico médio de 1500 mm ano<sup>-1</sup>.

O experimento foi conduzido nos anos agrícolas de 2016/2017 e 2018/2019, em condições de sequeiro, com delineamento experimental em blocos ao acaso, com quatro repetições, no esquema de faixas. O solo da área experimental foi classificado como LATOSSOLO VERMELHO (Santos et al., 2018), com relevo plano. Antes da instalação do experimento, a área experimental foi utilizada para a produção de café por um longo período. Foram coletadas amostras de solo para determinação de análises químicas, na profundidade de 0,0 - 0,20 m (Tabela 1).

**Tabela 1.** Resultados da análise de solo.

Parâmetro	Extrator	Unidade	Teores (2016/2017)	Teores (2018/2019)
P	Mehlich 1	mg dm <sup>-3</sup>	46.60	18.80
K <sup>+</sup>	Mehlich 1	mg dm <sup>-3</sup>	121	102
Ca <sup>2+</sup>	KCl 1mol L <sup>-1</sup>	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	4.60	3.60
Mg <sup>2+</sup>	KCl 1mol L <sup>-1</sup>	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	1.40	1.20
Al <sup>3+</sup>	KCl 1mol L <sup>-1</sup>	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	0	0
H + Al	SMP	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	2.30	1.90
Soma de bases		cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	6.31	5.08
CTC efetiva (t)		cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	6.31	5.08
CTC pH 7,0 (T)		cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	8.61	6.98
Saturação bases (V)		%	73	73
Saturação Al <sup>3+</sup> (m)		%	0	0
M.O.		dag kg <sup>-1</sup>	3.30	2.30
pH em H <sub>2</sub> O			6.30	6.30
pH	(CaCl <sub>2</sub> 1:2,5)		5.60	5.90

Fonte: Autores.

Os tratamentos foram constituídos por seis espécies de plantas para cobertura de solo e por dois sistemas de cultivo, plantio direto (PD) e plantio convencional (PC). Para o ano agrícola 2016/2017 foram semeadas seis plantas de cobertura nas parcelas, sendo crotalária (*Crotalaria juncea*) (Cro), feijão guandu (*Cajanus cajan*) (Feg), lab lab (*Dolichos lablab* L.) (Lab), milheto (*Pennisetum glaucum*) (Mil), sorgo (*Sorghum bicolor*) (Sor) e pousio (plantas espontâneas) (Pou). No ano agrícola 2018/2019 as sequências de culturas foram crotalária (*Crotalaria juncea*) (Cro), nabo forrageiro (*Raphanus sativus*) (Nab), feijão guandu (*Cajanus cajan*) (Feg), milheto (*Pennisetum glaucum*) (Mil), lab lab (*Dolichos lablab* L.) (Lab) e pousio (plantas espontâneas) (Pou), para todas as plantas de cobertura foram semeadas em pré-safra da cultura da soja de forma mecanizada. As parcelas continham 30 m<sup>2</sup>, sendo 6 m x 5 m. O espaçamento utilizado foi de 0,50 m entre linhas, variando o estande de plantas por hectare, sem qualquer adubação mineral ou uso de irrigação. O manejo das plantas de cobertura foi realizado com 50 % das plantas em pleno florescimento, com uso de uma roçadora tracionada pelo trator.

No ano agrícola de 2016/2017 as faixas foram preparadas em função dos sistemas de cultivo. Nas faixas sob PC foram realizadas duas gradagens superficiais, com 20 cm de profundidade. Para o PD foi realizada a aplicação do dessecante (glifosato). No mês de novembro de 2016, foi realizada a semeadura da soja com o uso de uma semeadora-adubadora

tracionada por trator. A cultivar utilizada foi a SYN 1562 (IPRO\* (RR)), com estande de 300 mil plantas por hectare. Para a safra 2018/2019 antes da semeadura da soja, foi realizado o preparo do solo nas faixas do cultivo convencional através de uma aração com profundidade de corte de 20 cm seguida de uma gradagem. O plantio ocorreu em outubro de 2018 de forma mecanizada, a cultivar utilizada foi a NS 7667 (Ipro, Nidera), com estande de 300 mil plantas por hectare.

Para os cultivos foram realizados a correção do solo, atendendo as necessidades de fósforo (P) e potássio (K) em função da análise de solo com o uso das fontes superfosfato simples (SPS) e cloreto de potássio (KCl). Também por ocasião da semeadura foram aplicados junto às sementes os micronutrientes Cobalto (Co) e o Molibdênio (Mo) e tratadas com inoculantes (*Bradyrhizobium spp.*) líquido e turfoso garantindo a dose de 3,0 milhões células semente<sup>-1</sup>. Para controle das plantas daninhas em pós-emergência foi realizada a aplicação do herbicida glifosato, para o controle de pragas utilizou-se a aplicação de inseticidas (Deltametrina, Lambda-Cialotrina e Tiametoxam) e para o controle de doenças fúngicas foram utilizados fungicidas (Azoxistrobina e Ciproconazol) e (Ciproconazol e Picoxistrobina). Nos dois anos as áreas de semeio nas parcelas foram constituídas de quatro fileiras de soja de 5 m de comprimento espaçadas de 0,5 m entre linhas, sendo a área útil constituída pelas duas fileiras centrais excluindo-se 0,5 m em cada extremidade.

A avaliação do desenvolvimento de plântulas foi realizada aos 30 dias após a emergência, onde foram avaliadas 10 plantas tomadas aleatoriamente dentro da área útil. Avaliou-se altura de planta inicial (AI), altura da primeira vagem (AV) determinada a partir da distância do colo da planta até a inserção da primeira vagem e após 80 dias foi avaliado altura final (AF), determinada pela distância entre o colo da planta na superfície do solo e a extremidade apical da haste principal. A colheita foi realizada manualmente, no estágio fenológico R8, avaliando-se número de vagens por planta (NVP), número de sementes por vagem (NSV) e produtividade de grãos (PRO), com correção para 13% de umidade nos respectivos anos. Os resultados foram inicialmente utilizados para calcular os parâmetros de médias e distribuição de dados. Em seguida os dados foram submetidos ao teste de Scott-Knott ( $p < 0.05$ ). As correlações de Pearson foram usadas para investigar relações de causa e efeito entre variáveis avaliadas. Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o software estatístico R (R Core Team, 2016).

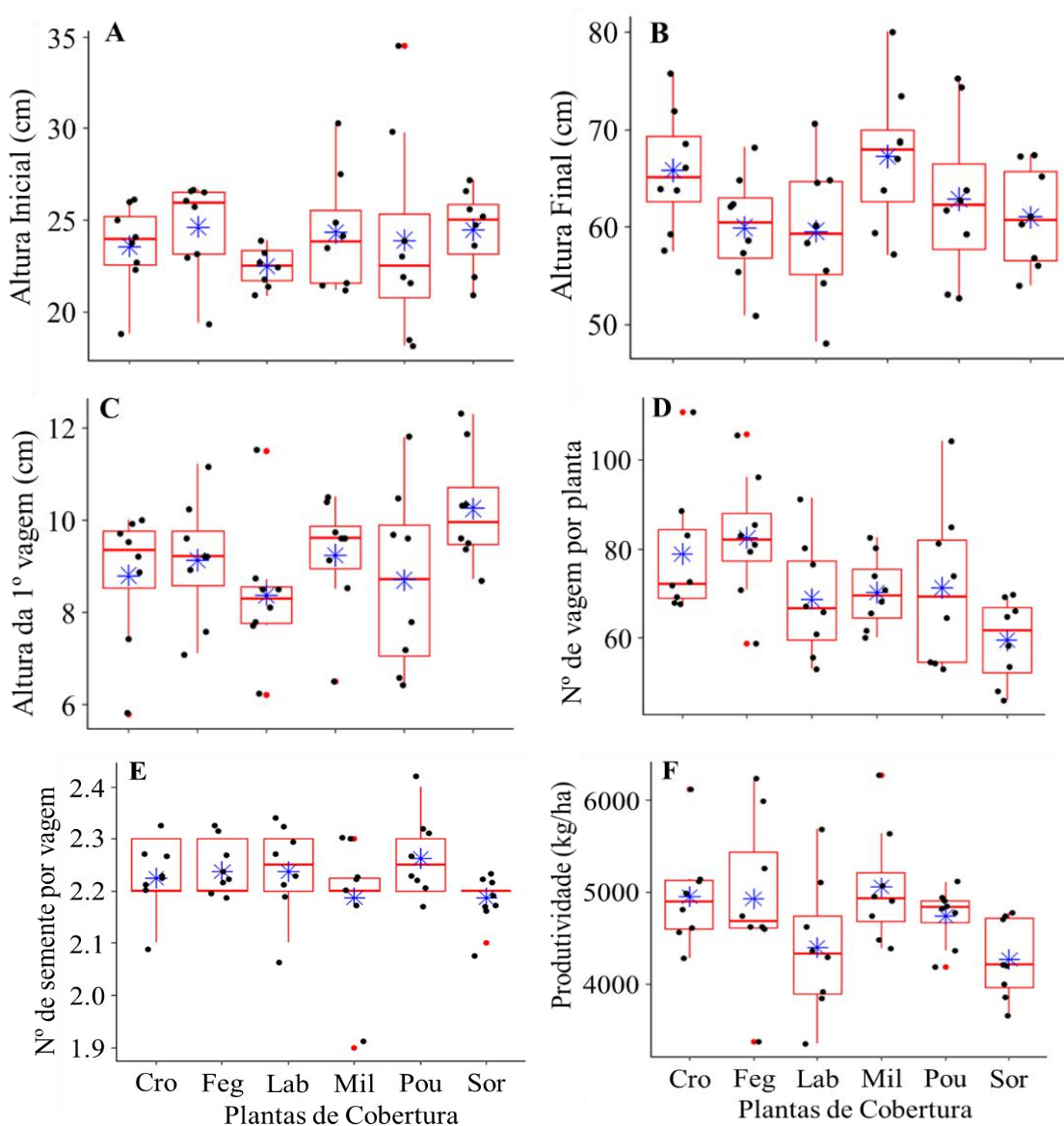
### 3. Resultados e Discussão

A variação dos resultados obtidos pelas plantas de cobertura foi aplicada em um gráfico de boxplot para estudo destas variações. Esta metodologia permite uma visualização da variação dos resultados obtidos, o intervalo de variação dos dados, os valores médios, assim como as comparações entre os tipos de plantas de cobertura. O eixo horizontal corresponde ao fator de interesse e o eixo vertical a variável a ser estudada.

Observa-se que os tipos de plantas de cobertura proporcionaram comportamento diferente nas variáveis estudadas (Figura 1). No ano agrícola de 2016/2017 observamos que as distâncias entre os extremos das linhas inferiores e superiores, demonstram grande variação entre os valores de mínimos e máximos de desenvolvimento de plantas de soja para cada planta de cobertura. Ao analisar os resultados da (Figura 1A e E), podemos observar que as médias estão semelhantes para todas as plantas de cobertura.

Corroborando com os resultados obtidos por Anschau et al. (2018), ao avaliarem características como número de vagens por planta, massa de cem grãos, altura de plantas, plantas por metro linear e a produtividade da soja. Foi possível observar para todas as variáveis estudadas a presença de outliers (ponto em vermelho), exceto para altura final de plantas (AF) (Figura 1B), esses valores discrepantes (outliers), está relacionado à heterogeneidade da área.

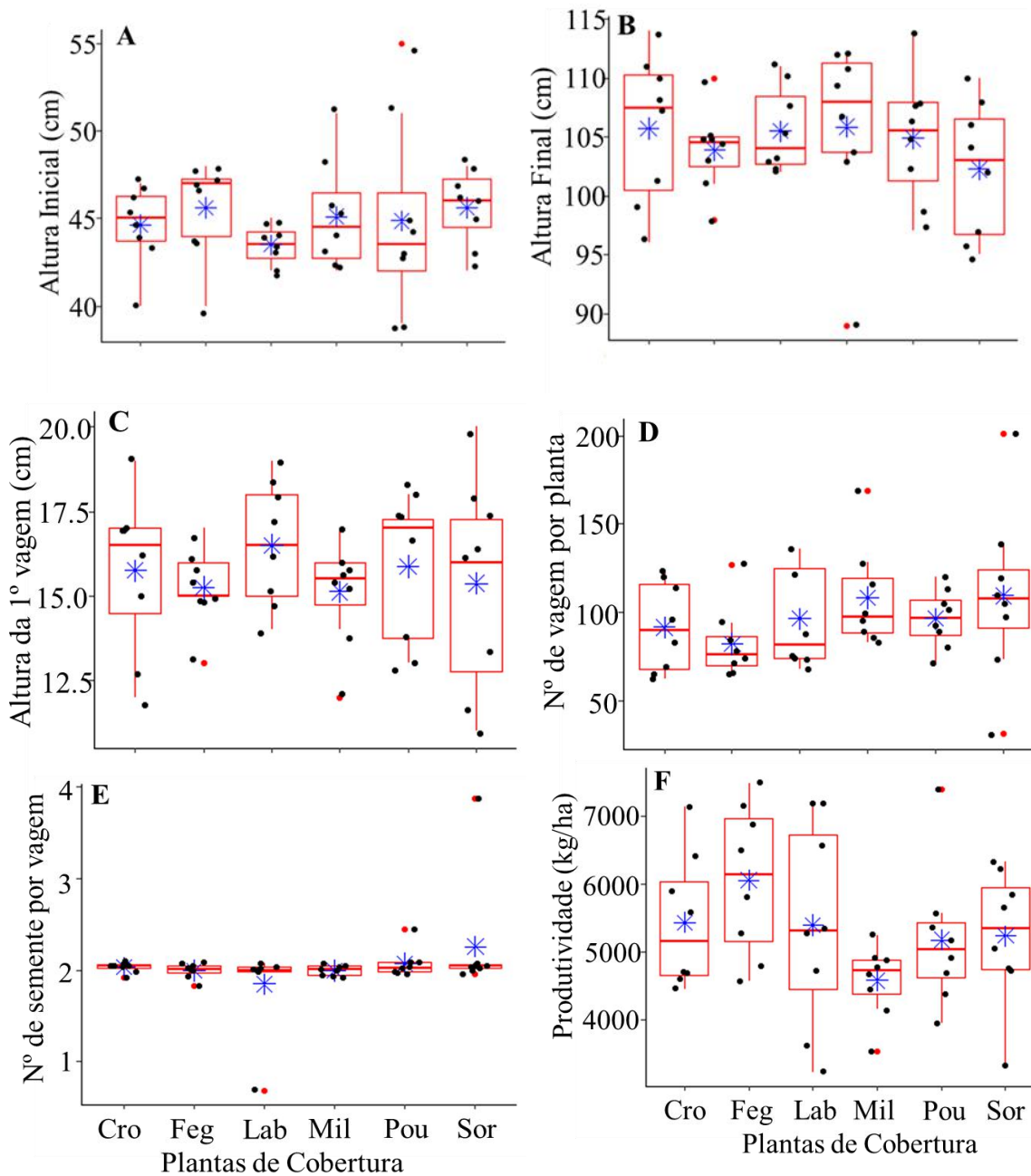
**Figura 1.** Gráfico Boxplot demonstrando a distribuição dos valores da altura inicial (AI), altura final (AF), altura da primeira vagem (AV), número de vagens por planta (NVP), número de sementes por vagem (NSV) e produtividade (PRO) em função das plantas de cobertura no ano de 2016/2017.



Cro: crotalária; Feg: feijão guandu; Lab: lab lab; Mil: milheto; Pou: pousio e Sor: sorgo. Fonte: Autores.

Para o ano agrícola 2018/2019, podemos observar que a mediana foi influenciada pelas plantas de cobertura (Figura 2). Ao contrário do ano agrícola 2016/2017, neste ano para todas as variáveis estudadas foram detectados os valores discrepantes (outliers). Nas (Figura 2A, B e E), podemos notar semelhanças entre os resultados, pois as médias estão bem próximas para todas as plantas de cobertura. Resultados semelhantes aos de Batista et al. (2020) quando verificam se espécies de cobertura implantadas durante o período de inverno apresentam potencial de inferir sobre os componentes de rendimento e a produtividade da cultura da soja.

**Figura 2.** Gráfico Boxplot demonstrando a distribuição dos valores da altura inicial (AI), altura final (AF), altura da primeira vagem (AV), número de vagens por planta (NVP), número de sementes por vagem (NSV) e produtividade (PRO) em função das plantas de cobertura no ano de 2018/2019.



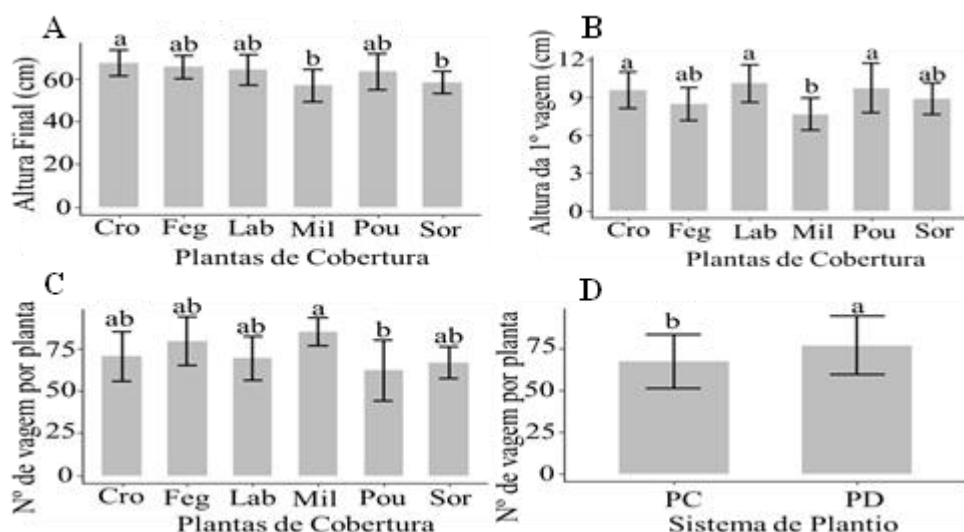
Cro: crotalária; Feg: feijão guandu; Lab: lab lab; Mil: milheto; Pou: pousio e Sor: sorgo. Fonte: Autores.

Não ocorreram interações significativas entre os fatores para todas as variáveis estudadas, permitindo a avaliação dos fatores cultivo (C) e plantas de cobertura de forma individual. Para o cultivo não ocorreu diferença significativa em nenhuma das variáveis estudadas, exceto para número de vagens por plantas (NVP) (Figura 3).

O sistema de plantio direto (PD), obteve um maior número de vagens por planta em relação ao sistema de plantio convencional (PC) (Figura 3D), todavia essa diferença não influenciou na produtividade final. Segundo Spera et al. (2011), quando o sistema de plantio direto é bem manejado o mesmo pode proporcionar melhorias na qualidade do solo, principalmente em utilização a longo prazo.

As plantas de cobertura proporcionaram diferença entre altura final (AF), altura da primeira vagem (AV) e número de vagens por planta (NVP). Para variável AF a planta de cobertura crotalária (Cro), proporcionou maior altura de planta comparado com o milho (Mil) e sorgo (Sor) (Figura 3A). Para altura da primeira vagem foram observados que a crotalária, lab lab e pousio, obteve maior contribuição em relação ao milho (Figura 3B). Já na figura 3C o milho proporcionou maior número de vagens por planta comparado com o pousio, para as demais plantas de cobertura não houve diferença em relação (NVP). Segundo Santos e Reis (2003) os restos culturais deixados pelas plantas de cobertura sobre o solo podem ser benéficos ou maléficis a cultura em sucessão. Os efeitos maléficis podem estar relacionados a substâncias alelopáticas. Desta forma, podemos observar que algumas plantas de cobertura interferiram nas variáveis (AF, AV e NVP), de acordo com os dados do ano agrícola 2016/2017.

**Figura 3.** Altura final (A), altura da 1ª vagem (B) e número de vagens por planta (C) em função das plantas de cobertura e número de vagens por planta (D) em função do sistema de plantio no ano de 2016-2017.



Cro: crotalária; Feg: feijão guandu; Lab: lab lab; Mil: milho; Pou: pousio; Sor: sorgo; PC: plantio convencional e PD: plantio direto. Fonte: Autores.

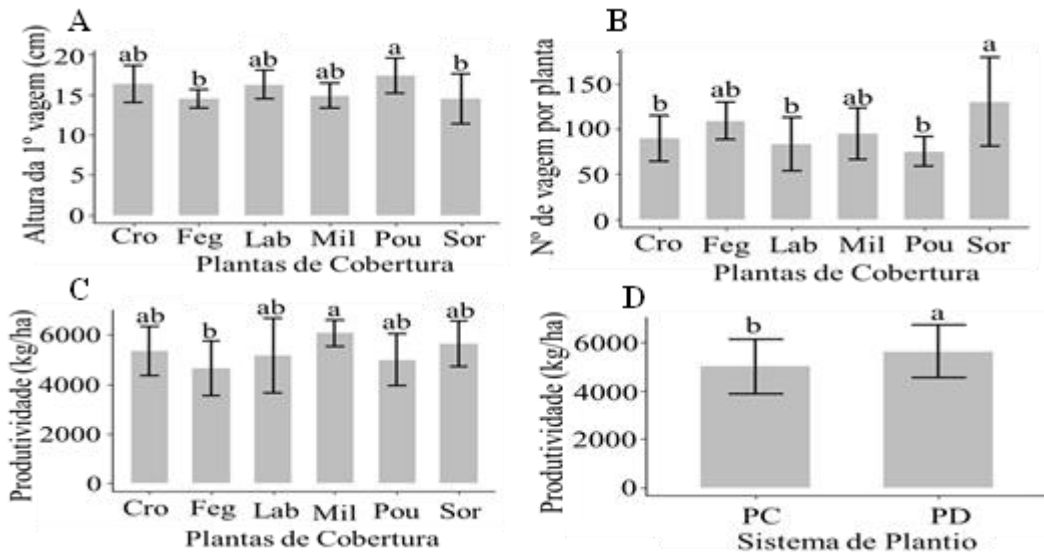
Para o cultivo, a produtividade (PRO) obteve diferença, evidenciando que o sistema de plantio direto (SPD) proporcionou maior produtividade (Figura 4D). Para as demais variáveis não foram verificadas diferenças significativas para o ano agrícola 2018/2019.

Com relação às plantas de cobertura, a altura da primeira vagem (AV) e número de vagens por planta (NVP) obteve diferença significativa ( $p < 0.01$ ), enquanto a variável produtividade (PRO) obteve diferença significativa de 5%. A maior altura de inserção da primeira vagem foi obtida pelo pousio comparado com o nabo forrageiro (Nab) e feijão Guandu (Feg) (Figura 4A). Carvalho et al. (2004) ao estudarem a resposta de plantas de cobertura em sistemas de plantio, não verificaram significância sobre a altura da inserção da primeira vagem. Todavia, esse fator é importante, para que sejam mínimas as perdas de grãos durante a colheita mecanizada.

A planta de cobertura nabo forrageiro (Nab) contribuiu com maior número de vagens por planta (NVP) (Figura 4B) em relação à crotalária (Cro), lab lab (Lab) e pousio (Pou). Já a variável produtividade (PRO), o milho obteve maior contribuição em relação ao feijão guandu, sendo que as outras plantas de cobertura não apresentaram diferença significativa (Figura 4C). Conforme relatado por Passos et al. (2015), as plantas de cobertura tendem a melhorar as condições produtivas

dos agroecossistemas com reflexos positivos sobre a produtividade de grãos da cultura da soja. Sendo assim a escolha correta da espécie de planta de cobertura torna essencial, visto que as mesmas proporcionam características físico-químicas ideais para o cultivo de culturas anuais.

**Figura 4.** Altura da primeira vagem (A), número de vagens por planta (B) e produtividade (C) em função das plantas de cobertura e produtividade (D) em função do sistema de plantio no ano de 2018/2019.



Cro: crotalária; Feg: feijão guandu; Lab: lab lab; Mil: milheto; Pou: pousio; Sor: sorgo; PC: plantio convencional e PD: plantio direto. Fonte: Autores.

Ocorreu interação entre os fatores para a variável produtividade. Para o desdobramento da interação de cultivo dentro das plantas de cobertura (Tabela 2), podemos observar que para todas as plantas de cobertura foram constatados diferença significativa ( $p < 0.01$ ), exceto para feijão guandu e lab lab. Ressaltando-se que no plantio direto as plantas de cobertura (Cro, Mil, Pou e Sor) proporcionaram aumento na produtividade da soja, pelo teste de Scott-Knott ( $p < 0.05$ ). Para o desdobramento da interação de plantas de cobertura dentro de cultivo, foi obtida diferença significativa no sistema de plantio direto (SPD). Verifica-se que as plantas de cobertura (Cro, Mil e Nab) contribuíram para o aumento da produtividade em relação as outras plantas de cobertura em sistemas de plantio direto. Já para o sistema de plantio convencional não foi constatado diferença significativa.

Resultados similares foram obtidos por Borghi et al. (2021) trabalhando com BRS Zuri, sorgo biomassa BRS 716, BRS Quênia e *Urochloa ruziziensis* como plantas de cobertura no sistema de plantio direto da soja, garantiram elevadas produtividades de soja.



**Tabela 2.** Análise de variância em relação a produtividade (PRO) e desdobramento da interação Cultivo × Plantas de cobertura no ano de 2018/2019.

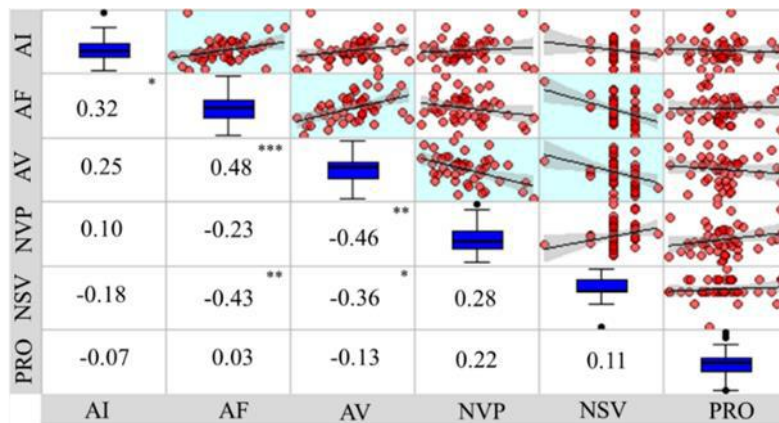
Fonte de Variação	GL	PRO
Cultivo (C)	1	7.41*
Plantas de Cobertura (PCo)	5	3.08*
C*PCo	5	6.46**
Bloco	3	0.20 <sup>NS</sup>
Desdobramento da Interação de Cultivo dentro Plantas de Cobertura		
C dentro PCo Cro	1	10.05**
C dentro PCo Feg	1	0.02 <sup>NS</sup>
C dentro PCo Lab	1	0.04 <sup>NS</sup>
C dentro PCo Mil	1	10.90**
C dentro PCo Pou	1	7.64**
C dentro PCo Sor	1	11.05**
Teste de Médias de <i>Scott-Knott</i> (p<0.05)		
Cultivo ----- kg/ha-----		
C dentro PCo Cro	Plantio Direto	6268.75 a
	Plantio Convencional	4462.50 b
C dentro PCo Feg	Plantio Direto	4606.25 a
	Plantio Convencional	4693.75 a
C dentro PCo Lab	Plantio Direto	5106.25 a
	Plantio Convencional	5225.00 a
C dentro PCo Mil	Plantio Direto	7018.75 a
	Plantio Convencional	5137.50 b
C dentro PCo Pou	Plantio Direto	4212.50 a
	Plantio Convencional	5787.50 b
C dentro PCo Sor	Plantio Direto	6581.25 a
	Plantio Convencional	4687.50 b
Desdobramento da Interação de Plantas de Cobertura dentro Cultivo		
PCo dentro PD	5	8.10**
PCo dentro PC	5	1.44 <sup>NS</sup>
Teste de Médias de <i>Scott-Knott</i> (p<0.05)		
Plantas de Cobertura -----kg/ha-----		
PCo dentro PD	Crotalária	6268.75 a
	Feijão Guandu	4606.25 b
	Lab Lab	5106.25 b
	Milheto	7018.75 a
	Pousio	4212.50 b
	Nabo forrageiro	6581.25 a
PCo dentro PC	Crotalária	4462.50 a
	Feijão Guandu	4693.75 a
	Lab Lab	5225.00 a
	Milheto	5137.00 a
	Pousio	5787.50 a
	Nabo forrageiro	4687.50 a
Resíduo	33	---

Total	47	---
-------	----	-----

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. NS: não significativo; \*\*: significativo ( $p < 0.01$ ); \*: significativo ( $p < 0.05$ ). Fonte: Autores.

Segundo classificação de Devore (2006), ocorreu uma correlação fraca e significativa (Figura 5) entre altura final (AF) e altura inicial (AI) de plantas ( $r = 0.32$ ;  $p < 0.05$ ), corroborando com os resultados obtidos por Anschau et al. (2018), ao estudar desenvolvimento de plantas de soja. Estas variáveis apresentam um crescimento simultâneo dos valores, que se distribuem sobre uma linha reta subjacente imaginária (ideal), confirmando a correlação positiva linear. Os diagramas Box-Plot demonstram graficamente a distribuição de cada variável estudada. Segundo Carvalho et al. (2020), os gráficos (Box-Plot) avalia visualmente a distribuição empírica dos dados. Para as variáveis AI, NVP, NSV e PRO, podemos notar valores outliers. Os outliers são valores distantes que compõem a série e são denominados por valores extremos, portanto, ficam fora da margem, pois podem comprometer a análise dos dados, os mesmos estão representados pelo símbolo (•).

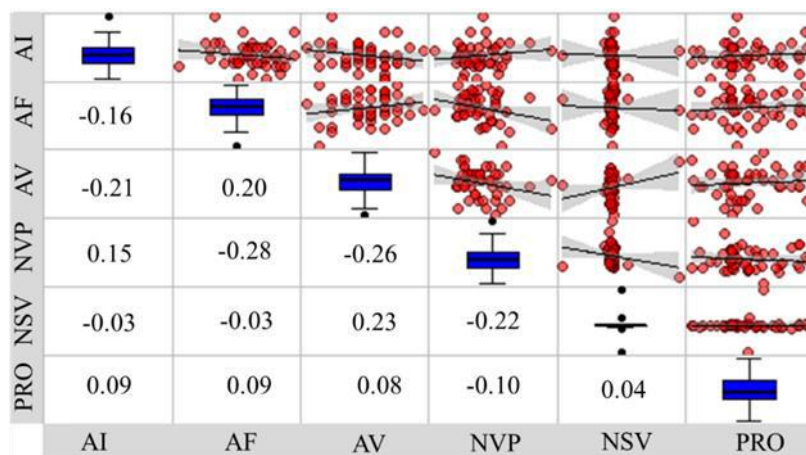
**Figura 5.** Gráfico de dispersão de uma matriz de correlação de Pearson entre da altura inicial (AI), altura final (AF), altura da primeira vagem (AV), número de vagens por planta (NVP), número de sementes por vagem (NSV) e produtividade (PRO) em função das plantas de cobertura no ano de 2016/2017.



\*: significativo ( $p < 0,05$ ); \*\* significativo ( $p < 0,01$ ) e \*\*\* significativo ( $p < 0,001$ ). Fonte: Autores.

Ao analisar as correlações entre altura final (AF) e altura da primeira vagem (AV), observamos correlação positiva moderada e significativa ( $r = 0.48$ ;  $p < 0.001$ ), confirmando a correlação positiva linear no gráfico de dispersão. De acordo com Anschau et al. (2018), as maiores alturas de plantas de soja foram observadas quando cultivada na sucessão a palhada de *Urochloa ruziziensis* e *Avena strigosa*. Correlação fraca negativa e significativa entre NSV e AV ( $r = - 0.36$ ;  $p < 0.05$ ) e moderada entre NVP e AV ( $r = - 0.46$ ;  $p < 0.01$ ) e NSV e AF ( $r = -.043$ ;  $p < 0.01$ ) corrobora com as evidências de Forte et al. (2018) quando avaliaram o desempenho agrônômico do feijão, milho e soja cultivados em sistema de plantio direto e convencional com diferentes coberturas. Para essas variáveis foi obtida uma reta descendente, retratando a correlação negativa. Na Figura 6 são apresentados os coeficientes de correlação de Pearson para o ano agrícola de 2018/2019.

**Figura 6.** Gráfico de dispersão de uma matriz de correlação de Pearson entre da altura inicial (AI), altura final (AF), altura da primeira vagem (AV), número de vagens por planta (NVP), número de sementes por vagem (NSV) e produtividade (PRO) em função das plantas de cobertura no ano de 2018/2019.



Fonte: Autores.

Para as variáveis altura inicial (AI), altura final (AF), altura da primeira vagem (AV), número de vagens por planta (NVP), número de sementes por vagem (NSV), podemos observar valores outliers através dos gráficos (Box-Plot). As comparações dos dados da variável produtividade (PRO) sejam com NSV, NVP, AV, AF ou AI, não apresentam um comportamento gradualmente ascendente ou descendente. Isso leva à conclusão que a PRO não apresenta correlação com as demais variáveis.

#### 4. Considerações Finais

As maiores alturas de plantas de soja foram após o cultivo das plantas de cobertura crotalária, feijão guandu, lab lab e pousio.

A altura da primeira vagem foi maior sobre a palhada de crotalária, lab lab e pousio e milho.

O uso do milho, nabo forrageiro e feijão guandu proporcionaram maior número de vagens por planta em soja cultivada, característica agrônômica superior no sistema de plantio direto em relação ao sistema de plantio convencional.

Em 2016/2017 o sistema de plantio direto proporcionou maior produtividade da soja. No sistema de plantio convencional todas as plantas de cobertura proporcionaram aumento na produtividade em 2018/2019.

Dentre as características avaliadas as espécies que se destacaram foram crotalária, milho, lab lab e feijão guandu demonstrando o potencial dessas espécies para conservação dos sistemas agrícolas no Cerrado Mineiro.

Dado o exposto, foi possível constatar a importância da utilização de plantas de cobertura como prática de conservação do solo na região do Cerrado. E, portanto, são necessários mais estudos a fim de verificar como as espécies trabalhadas se comportam nas demais regiões e condições climáticas.

#### Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) o apoio financeiro para a condução dessa pesquisa.

## Referências

- Anschau, K. A., Seidel, E. P., Mottin, M. C., Lerner, K. L., Francziskowski, M. A., & Rocha, D. H. (2018). Propriedades físicas do solo, características agronômicas e produtividade da soja em sucessão a plantas de cobertura. *Scientia Agraria Paranaensis*, 17 (3), 293-299.
- Batista, V. V., Adami, P. F., Oligini, K. F., Pellizzari, E. V., Santin, J., Machado, J. M. C., Dangui, A. M., & Pereira, L. S. (2020). Influência do cultivo de inverno na produtividade da soja. *Brazilian Journal of Development*, 6 (7), 53245-53254.
- Borghi, E., Parrella, R. A. C., Abreu, S. C., Karam, D., Gontijo Neto, M. M., Resende, A. V., & Alvarenga, R. C. (2021). Avaliação Agronômica de Plantas de Cobertura para o Sistema Plantio Direto de Soja na Região Central de Minas Gerais. Ed. Embrapa Milho e Sorgo - Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento.
- Carvalho, J. W. L. T., Marangon, F. H. S., & Santos, I. (2020). Recovery of urban rivers: the interdependence and synchronicity of denaturalization processes in urban rivers and watersheds. *Revista do Departamento de Geografia*, 40, 163-174.
- Carvalho, M. A. C., Athayde, M. L. F., Soratto, R. P., Alves, M. C., & Arf, O. (2004). Soybean grown after green manures under no-tillage and conventional management systems in savannah soil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 39 (11), 1141-1148.
- CONAB. (2020/21). Acompanhamento de safra brasileira: grãos, levantamento, maio 2021 – safra 2020/21. Companhia Nacional de Abastecimento. <https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>.
- Demambro, E., Pietrafesa, P. A., & Rojas, G. V. G. (2021). A expansão do cultivo de soja e os impactos ambientais no vale do Araguaia, entre 2000 e 2019. *South American Development Society Journal*, 7 (20), 83-108.
- Devore, C. V. (2006). Probabilidade e estatística para engenharia e ciências. Ed. Thomson Pioneira.
- Forte, C. T., Galon, L., Beutler, A. N., Perin, G. F., Pauletti, E. S. S., Basso, F. J. M., Holz, C. M., & Santin, C. O. (2018). Coberturas vegetais do solo e manejo de cultivo e suas contribuições para as culturas agrícolas. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 13 (1), 1-10.
- Gomes, C. S. (2019). Impactos da expansão do agronegócio brasileiro na conservação dos recursos naturais. *Cadernos do Leste*, 19 (19), 63-78.
- Kottek, M., Grieser, J., Beck, C., Rudolf, B., & Rubel, F. (2006). World map of Koppen-Geiger climate classification updated. *Meteorologische Zeitschrift*, 15, 259-263.
- Passos, A. M. A., Rezende, P. M., Reis, W. P., & Botrel, E. P. (2015). Cultivares de soja em sucessão ao trigo nos sistemas convencional e plantio direto. *Agrarian*, 8 (27), 30-38.
- Plaza-Bonilla D., Nolot, J. M., Passot, S., Raffaillac, D., & Justes, E. (2016). Grain legume –based rotations managed under conventional tillage need cover crops to mitigate soil organic matter losses. *Soil and Tillage Research*, 156, 33-43.
- R Core Team. (2016). R: A language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing.
- Salomão, P. E. A., Kriebel, W., Santos, A. A., & Martins, A. C. E. (2020). A importância do sistema de plantio direto na palha para reestruturação do solo e restauração da matéria orgânica. *Research, Society and Development*, 9 (1), 1-21.
- Santos, H. G., Jacomine, P. K. T., Anjos, L. H. C., Oliveira, V. A., Lumberras, J. F., Coelho, M. R., Almeida, J. A., Araujo Filho, J. C., Oliveira, J. B., & Cunha, T. J. F. (2018). Sistema brasileiro de classificação de solo. (5ª. Ed.) Embrapa Solos.
- Santos, H. P., & Reis, E. M. (2003). Rotação de culturas em plantio direto. (2ª. Ed.) Embrapa Trigo.
- Sousa, I. L. M., Carvalho, B. N., & Lobato, I. C. A. (2021). Produção de soja como um vetor para a sustentabilidade: uma abordagem econométrica para o Mato Grosso. *Research, Society and Development*, 10 (13), 1-17.
- Silva, J. M., Almeida, C. X., Pena, L. K., Jorge, R. F., Silva, L. R., & Duarte, I. R. G. (2022). Estimativa da macroporosidade e microporosidade em função de sistemas de manejo e plantas de cobertura em Latossolo Vermelho cultivado com soja. *Research, Society and Development*, 11 (3), 1-8.
- Spera, S. T., Escosteguy, P. A. V., Denardin, J. E., Klein, V. A., & Santos, H. P. (2011). Atributos químicos restritivos de latossolo vermelho distrófico e tipos de manejo de solo e rotação de culturas. *Agrarian*, 4 (14), 324-33.
- Wolschick, N. H., Barbosa, F. T., Bertol, I., Santos, K. F., Werner, R. S., & Bagio, B. (2016). Cobertura do solo, produção de biomassa e acúmulo de nutrientes por plantas de cobertura. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, 15 (2), 134-143.