

Densidade do solo e componentes de produtividade de milho em consórcio com gramínea e leguminosas

Ederson Matheus de Almeida^{1*}; Esmael Lopes dos Santos¹;

¹Curso de Agronomia, Centro Universitário Assis Gurgacz (FAG), Cascavel, Paraná.

^{1*}edersonalmeida17@gmail.com

Resumo: O consórcio de milho com plantas de cobertura vem proporcionando consideráveis benefícios econômicos, promovendo proteção e supressão de plantas daninhas, além de contribuir para melhorias na fertilidade química, física e biológica do solo. Assim, o objetivo deste experimento foi avaliar a densidade do solo e componentes de rendimento da cultura do milho submetido ao consórcio com gramínea e leguminosas. O experimento foi desenvolvido no município de Santa Lucia PR., na safra 2020/21. O delineamento utilizado foi em blocos casualizados, com quatro tratamentos (milho solteiro, milho + *Brachiaria ruziziensis*, milho + *Crotalaria spectabilis* e milho + guandu anão), e cinco repetições. Para determinação da competição entre as espécies, foram avaliados: altura de plantas, altura de espigas, produtividade do milho, massa seca da parte aérea. Para avaliar a qualidade física do solo foi determinado a densidade do solo. O milho foi implantado com espaçamento de 0,90 m, sendo as plantas do consórcio semeadas manualmente nas entrelinhas, quando o milho estava no estágio V₄. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANAVA) e, caso significativo, as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. O cultivo do milho na safra verão, com implantação do consórcio com gramínea ou leguminosas no estágio V₄, não apresenta modificação nos componentes de rendimento e não há diminuição na produtividade. A densidade do solo na camada de 0.05-0.1 não sofreu interferência do consórcio do milho com espécies de gramínea e leguminosas.

Palavras-chave: *Zea mays*; palhada; adubo verde

Soil density and maize yield components intercropped with grass and legumes

Abstract: The intercropping of corn with cover crops has provided considerable economic benefits, promoting weed protection and suppression, in addition to contributing to improvements in the chemical, physical and biological fertility of the soil. Thus, the objective of this experiment was to evaluate the soil density and yield components of the maize crop submitted to intercropping with grass and legumes. The experiment was carried out in the municipality of Santa Lúcia PR., in the 2020/21 harvest. The design used was in randomized blocks, with four treatments (single corn, corn + *Brachiaria ruziziensis*, corn + *Crotalaria spectabilis* and corn + dwarf pigeonpea), and five replications. To determine the competition between species, the following were taken: plant height, ear height, corn yield, dry mass of the aerial part. To assess the physical quality of the soil, the soil density was determined. The corn was planted with a spacing of 0.90 m, with the intercropping plants being manually sown between the rows, when the corn was at stage V₄. Data were found in the analysis of variation (ANAVA) and, if significant, as means compared by Tukey test at 5% probability. The cultivation of corn in the summer crop, with implementation of intercropping with grass or legumes at stage V₄, does not present any change in yield components and there is no decrease in productivity. Soil density in the 0.05-0.1 layer was not influenced by maize intercropping with grass and legume species.

Keywords: *Zea mays*; straw; green manure

Introdução

Com o atual aquecimento do agronegócio mundial a degradação dos nossos solos é uma grande preocupação, principalmente pelo monocultivo empregado. Nesta premissa, a busca é constante em alternativas para a diversificação pela inserção de mais espécies no sistema. O consórcio de espécies, principalmente com o milho, pode ser uma estratégia para que o produtor não deixe de semear as culturas principais (Soja e milho), que são as responsáveis pela sua capitalização, e possa inserir outras espécies para contribuir na melhoria física, química e biológica do solo (SANTOS *et al.*, 2019).

O milho (*Zea mays* L.) é uma planta pertencente à família Gramineae/Poaceae, está planta tem como finalidade de utilização a alimentação humana e animal, devido às suas elevadas qualidades nutricionais. Segundo a CONAB (2020) entre os cereais mais cultivados no Brasil, na safra 2020/2021 houve um alcance de um recorde histórico na Conab, com produção de 104,9 milhões de toneladas, que serão colhidas em uma área total de 18,4 milhões de hectares. No entanto, a produtividade média da cultura do milho encontra bem abaixo do seu potencial genético, e, conforme Sentelhas *et al.* (2015), aproximadamente 85% dessas diferenças deve-se ao não atendimento pleno das necessidades hídricas das plantas. Isso significa que, mesmo em safras consideradas normais do ponto de vista climático, a produtividade das culturas de grãos no Paraná tem sido limitada pela ocorrência de déficit hídrico.

A melhoria na qualidade física do solo, além de favorecer o crescimento radicular, proporciona maior taxa de infiltração e armazenamento de água disponível às plantas, bem como otimiza os fluxos de água, oxigênio e nutrientes do solo para as raízes (STEFANOSKI *et al.*, 2013). Essa melhoria na estrutura do solo pode ser alcançada pela inserção de forrageiras tropicais como a *Brachiária ruziziensis* no sistema, o que tem proporcionado aumentos de até 6 vezes na taxa de infiltração de água de solo (SILVA *et al.*, 2018), e de 25% no armazenamento de água disponível durante o ciclo da soja (MORAES *et al.*, 2018) pela utilização de plantas de cobertura do solo. Portanto, adoção de tecnologias que aumentem a disponibilidade de água às plantas representam o aumento da produtividade e da estabilidade produtiva dos sistemas.

A utilização de consórcios entre espécies, seja gramínea ou leguminosa, é uma alternativa que visa proporcionar adição de fitomassa ao sistema (PEREIRA *et al.*, 2011), refletindo em ganhos de produtividade nas culturas a posterior (ARF *et al.*, 2018), pois a cobertura do solo pela palhada proporciona maior fluxo de água disponível e crescimento das raízes. A cobertura com palha reduz as perdas de água por evaporação até o fechamento das entrelinhas da cultura, aumentando a disponibilidade hídrica às plantas em até 40% durante esse período (PEREIRA *et al.*, 2011). A cobertura do solo também é capaz de suprimir a infestação de plantas daninhas de difícil controle, como a buva (*Conyza* spp) e o capim-amargoso (*Digitaria insularis*), com

isso diminuindo custos de produção e do impacto ambiental associado às aplicações de agrotóxicos, e a competição que pode ocasionar reduções de até 40% na produtividade da soja (GAZZIERO *et al.*, 2012).

Uma preocupação inerente ao consórcio é a possibilidade de redução de produtividade do milho em função da competição entre as espécies pelos recursos do meio – água, luz e nutrientes. Entretanto, existem poucas informações no que diz respeito à(s) melhor(es) opção(ões) para o consorcio com o milho. Dessa forma, objetivo deste experimento foi avaliar a densidade do solo e componentes de rendimento da cultura do milho submetido ao consórcio com gramínea e leguminosas.

Material e Métodos

O experimento foi realizado no município de Santa Lúcia – Pr. (latitude 25°21'25" sul e longitude 53°34'43" oeste), estando a uma altitude média de 512 m. O solo do local é definido como Latossolo Vermelho Distroféricos e um clima subtropical Úmido ou Mesotérmico, o índice de precipitação pluviométrica tem média de 98 mm/mês até em 283 mm/mês (varia de 1.800 a 2.000 mm/ano), temperatura média variando entre 40°C e 22°C. (ARQUIPLAN – Arquitetura e Planejamento 2008).

Durante a safra 2020/21 foi implanto todo o experimento utilizando o delineamento em blocos casualizados com quatro tratamentos (milho solteiro; milho + *Brachiaria ruziziensis*; milho + *Crotalaria spectabilis*; e milho + guandu anão;), e cinco repetições. O milho foi implantado no dia 27/09/20 com espaçamento de 0,90 m, sendo as plantas do consorcio semeadas manualmente nas entrelinhas, quando o milho estava no estágio V₄.

As parcelas foram compostas por 16 linhas de milho com 20 m de comprimento. O híbrido utilizado foi o Morgan 20A55 PW, com adubação na linha de semeadura de 400 kg ha⁻¹ de NPK (formulação 08-15-15). A adubação nitrogenada foi realizada a lanço com a aplicação de 120 kg de N por ha¹, entre os estádios V5 e V6 do milho. O manejo das plantas daninhas foi realizado através da aplicação de glifosato (Trop. 480 gL⁻¹ (48,00% m v⁻¹) com 1,5 L ha⁻¹ de dosagem.

Para determinação da competição entre as espécies, foram avaliados: altura de plantas, altura de espigas, rendimento de grãos de milho, massa seca da parte aérea. Para avaliar a qualidade física do solo foi determinado a densidade do solo.

O rendimento de grãos do milho foi determinado pela colheita de duas linhas de três metros, totalizando 3 m² de área útil. As espigas foram trilhadas, pesadas e determinado a

umidade. Posteriormente foi calculado o rendimento de grãos em kg ha^{-1} corrigindo para 13% de umidade. Também foi determinado o peso de mil sementes corrigindo para 13% de umidade.

A massa seca da parte aéreas das culturas foi determinada pela coleta em 0.5 m na área útil da parcela. As plantas foram trituradas e levadas a uma estufa de secagem em média de 65° por 72 horas, após esse período foram pesadas.

Altura das plantas, foi determinada a partir do nível do solo até à inserção do limbo folha bandeira em cinco plantas da área útil de cada parcela.

Altura de espigas, foi determinada a partir do nível do solo até a inserção das espigas em três cinco plantas da área útil de cada parcela.

Para a determinação da densidade do solo foram coletadas amostras de solo com anel volumétrico (EMBRAPA, 2017), na camada de 0.05-0.1m, e as amostras indeformadas foram colocadas em estufa a 105°C até atingir peso constante.

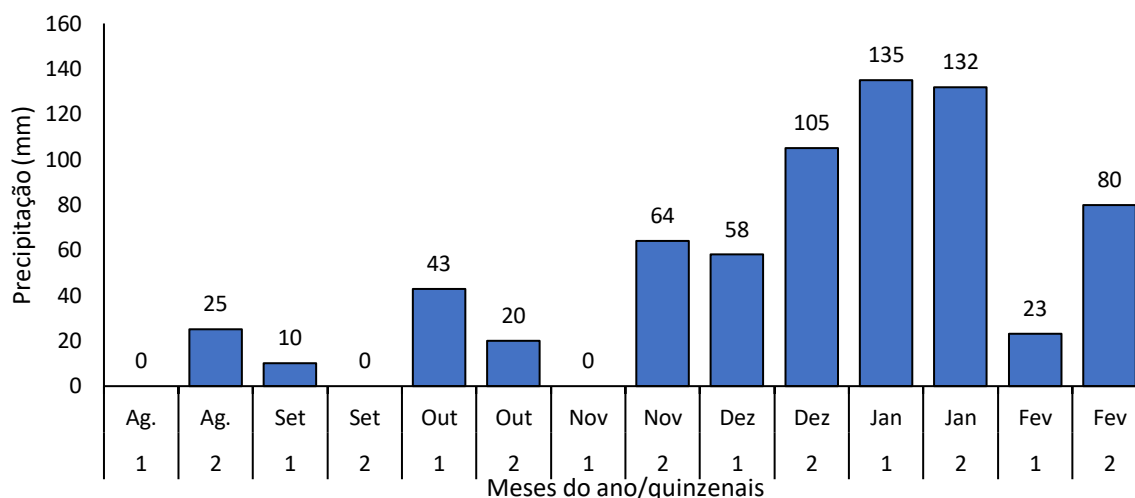
Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e teste F ($p < 0.05$). Quando constatado efeito de tratamentos, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey. As análises estatísticas serão processadas utilizando-se o programa de análise estatística SISVAR (Ferreira, 2014).

Resultados e Discussões

A precipitação ocorrida durante o ciclo da cultura do milho (Figura 1) se manteve abaixo das médias anuais, principalmente nos meses que antecederam a semeadura (agosto e setembro). Apesar de uma boa precipitação na primeira quinzena do mês de novembro, devido ao déficit hídrico existente no solo pela baixa precipitação nos meses anteriores, a falta de água prejudicou o desenvolvimento inicial do milho. O mesmo ocorreu com as culturas semeadas em consórcio, que sofreu com a falta de chuva na primeira quinzena de novembro. No entanto, a partir da segunda quinzena de novembro, houve uma boa distribuição pluviométrica, o que contribui para o desenvolvimento das culturas

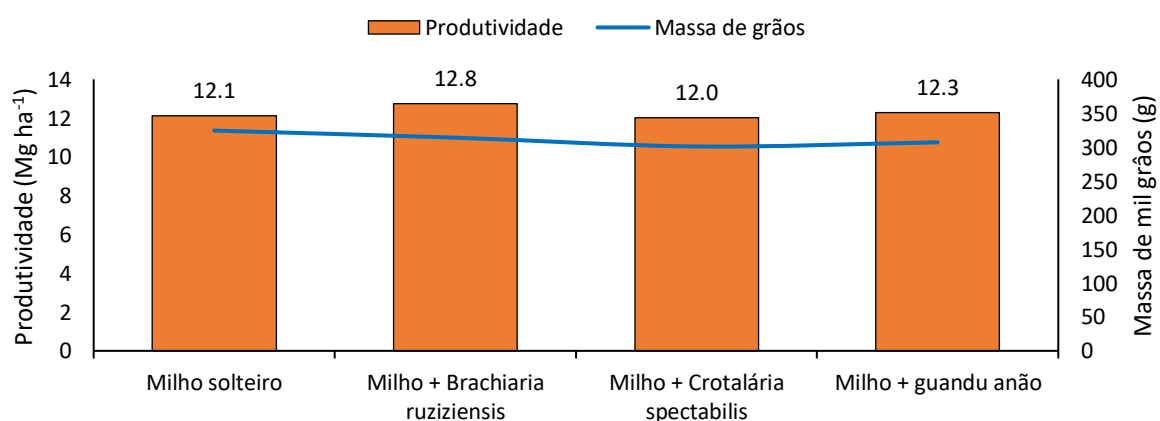
Os dados de precipitação pluvial ocorrida durante o período de execução do experimento estão apresentados na Figura 1.

Figura 1. Precipitação pluviométrica por quinzena, durante o ciclo de desenvolvimento da cultura do milho. Santa Lúcia, PR., safra 2020/21.



Reflexo dessa boa distribuição hídrica foram os altos rendimento de grãos alcançadas pela cultura do milho que foi maior que 12 Mg ha^{-1} (Figura 2), ultrapassando o rendimento médio no Paraná na safra 2019/2020 foi de 10 Mg ha^{-1} segundo dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), durante o décimo levantamento referente à safra de grãos (CONAB, 2020). Vale ressaltar que a massa de mil grãos também acompanhou os altos rendimentos.

Figura 2. Rendimento de produtividade de grãos (Mg ha^{-1}) e massa de mil grãos (g) do híbrido de milho Morgan 20A55 PW consorciado com gramínea e leguminosa. Santa Lúcia, PR., safra 2020/21.



As variáveis rendimento de grãos (RG), peso de mil grãos (PMG), altura de plantas (AP), inserção de espigas (IE) e densidade do solo (Ds), apresentadas na figura 2, não apresentaram diferenças estatística entre os tratamentos. Conforme Ceccon (2013), o consórcio cultivado na safra de verão (outubro a março) dispõe de maior volume de chuva e temperaturas mais elevadas durante a evolução do período, enquanto na safra de outono-inverno (safrinha),

compreendida de abril a setembro, apresenta menor disponibilidade hídrica e menores temperaturas. Por isso, nas condições de outono-inverno podem ocorrer maiores reduções no rendimento de grãos do milho safrinha do que no milho cultivado no verão, o que requer maiores cuidados na implantação da braquiária.

O fato de não haver diferença nos componentes de rendimento de grãos da cultura do milho também está relacionado a menor competição exercida pelas culturas em consórcio, pois as mesmas foram semeadas após o estabelecimento da cultura principal encontrava-se no estágio V₄. Portanto, isso demonstra a necessidade de planejamento para a implantação de consórcio visando estabilidade produtiva do milho.

Dependendo do objetivo do consórcio, da modalidade de consorciação, do método de implantação e da população de plantas no consórcio a ser estabelecida, as perdas em milho podem ser minimizadas (CECCON *et al.*, 2013).

A densidade do solo avaliada na camada de 0.05-0.1m apresentou valores abaixo dos valores críticos para o bom desenvolvimento da cultura, pois valores de densidade de solo acima de 1,75 kg dm⁻³, segundo Reinert *et al.*, (2008), em um latossolo vermelho esses valores estão diretamente ligados a perdas de rendimento de grãos pela limitação no crescimento de raízes dificultando a absorção de nutrientes e expondo a planta a estresse hídrico.

Os dados a baixo dizem respeito as análises apresentadas durante o período de execução do experimento estão apresentados na tabela 1.

Tabela 1. Rendimento de grãos (RG), peso de mil grãos (PMG), altura de plantas (AP), inserção de espigas (IE) e densidade do solo (Ds), conforme os tipos de consórcios na safra 2020/21.

Tratamentos	RG (Mg ha ⁻¹)	PMG (g)	AP (m)	IE (m)	Ds (kg dm ⁻³)
Milho solteiro	12.1 a	324 a	2.0 a	0.876 a	1.11 a
Milho + Brachiaria ruziziensis	12.8 a	316 a	2.0 a	0.958 a	1.14 a
Milho + Crotalaria spectabilis	12.0 a	300 a	2.0 a	0.890 a	1.26 a
Milho + guandu anão	12.3 a	308 a	1.9 a	0.890 a	1.06 a
P – Valor	0.79	0.19	0.79	0.19	0.20
Cv (%)	9.98	5.43	4.16	6.78	12.19
Dms	2.30	0.03	0.16	0.11	0.26

Santa Lúcia PR.

*Médias seguidas pela mesma letra, comparando na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Os dados apresentados abaixo dizem respeito aos valores obtidos de matéria seca da parte aérea do milho como da espécie consorciada, na relação carbono e nitrogênio que os sistemas de cultivos apresentam.

Tabela 2. Matéria seca da parte aérea (Mg ha⁻¹) e relação carbono (C) e nitrogênio (N) adicionado no sistema conforme os tipos de consórcios na safra 2020/21. Santa Lúcia PR.

Tratamentos	Matéria seca da parte aérea (Mg ha ⁻¹)			C (Mg ha ⁻¹)	N (kg ha ⁻¹)
	Milho	Consórcio	Total		
Milho solteiro	7.8	0.0	7.8 b	3.1 b	102.5 b
Milho + <i>Brachiaria ruziziensis</i>	8.5	2.1	10.7 a	4.2 a	128.1 a
Milho + <i>Crotalaria spectabilis</i>	6.0	3.8	9.8 a	3.9 a	109.1 ab
Milho + guandu anão	7.2	2.3	9.6 a	3.8 a	113.5 ab
P – Valor	0.0095	0.0000	0.0018	0.0018	0.0233
Cv (%)	12.94	22.89	9.03	9.03	9.99
Dms	1.809	891	1.613	645	21.25

*Médias seguidas pela mesma letra, comparando a coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

A produção de matéria seca (MS) da parte aérea (Mg ha⁻¹) apresentou diferença estatística entre as os tipos de consorcio (Tabela 2), sendo o milho solteiro o que apresentou a menor média (7.8 Mg ha⁻¹). Estes resultados são esperados pois o cultivo em consórcios proporciona a adição de biomassa de duas culturas, do milho e a cultura em consórcio. Os valores totais de MS apresentados pelos consórcios foram próximos de 10 Mg ha⁻¹. Conforme Santos *et al.*, (2020a), o ideal é que os sistemas de produção insiram cerca de 10 Mg ha⁻¹ ou mais de matéria seca por ano, e que esse material proporcione cobertura do solo superior a 80%, para proporcionar benefícios a produtividade das culturas, como redução da amplitude térmica e maior conservação da água no solo; diminuição das perdas de solo, água e nutrientes por erosão; formação de um ambiente edáfico mais favorável aos microrganismos, aumentando assim a atividade biológica do solo; redução da infestação de plantas daninhas, especialmente a buva (*Conyza* spp.) e o capim amargoso (*Digitaria insularis*).

O cultivo de espécies vegetais capazes de produzir altos volumes de biomassa da parte aérea também proporciona quantidade e diversidade no sistema radicular, tudo isso favorece a reciclagem de nutrientes e aumento da matéria orgânica do solo (MOS). Considerando que básica para o aumento da MOS ao solo é a adição de MS rica em carbono e nitrogênio (Santos *et al.*, 2020b), os consórcios realizados apresentaram os maiores destes elementos diferindo estatisticamente do milho solteiro.

Conclusão

O cultivo do milho na safra verã com implantação do consórcio com gramínea ou leguminosas no estágio V₄, não apresenta modificação nos componentes de rendimento de produtividade e não há diminuição na produtividade.

Na matéria seca obtidas pelos sistemas de cultivos, apresentou diferença significativa em relação ao milho solteiro quando comparado com os demais tratamentos, mostrando obtenção de rendimento de massa seca nos sistemas de consórcio.

A densidade do solo na camada de 0,05-0,1 não sofreu interferência do consórcio do milho com espécies de gramínea e leguminosas.

Referências

ARF, ORIVALDO et al. Benefícios do milho consorciado com gramínea e leguminosas e seus efeitos na produtividade em sistema plantio direto. **Brazilian Journal of Maize and Sorghum**, v. 17, n. 3, p. 431-444, 2018.

CECCON, Gessi. Consórcio milho-braquiária. **Embrapa Agropecuária Oeste-Livro técnico (INFOTECA-E)**, 2013.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos-safra 2019/2020: décimo levantamento**. [Brasília]: Conab, 2020.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análises de solo**. Brasília, 2017. 94p.

GAZZIERO, D. L. P. et al. Efeitos da convivência do capim-amargoso na produtividade da soja. In: **Embrapa Soja-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 28., 2012, Campo Grande. A ciência das plantas daninhas na era da biotecnologia: anais. Campo Grande: SBCPD, 2012. 6 p. Trab. 733., 2012.

DE MORAES, Moacir Tuzzin; DEBIASI, Henrique; FRANCHINI, Julio Cezar. Modelagem da dinâmica da água em sistemas de preparo de um Latossolo Vermelho. **Scientia Agraria**, v. 19, n. 1, p. 142-152, 2018.

PEREIRA, Luiz Cláudio et al. Comportamento de cultivares de milho consorciados com *Crotalaria juncea*: estudo preliminary. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 6, n. 3, p. 191-200, 2011.

REINERT, Dalvan José et al. Limites críticos de densidade do solo para o crescimento de raízes de plantas de cobertura em Argissolo Vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 1805-1816, 2008.

DOS SANTOS, Esmael Lopes et al. Mapeamento do manejo do solo e da água em uma propriedade na Região Oeste do Paraná. **Revista Cultivando o Saber**, v. 13, n. 1, p. 30-44, 2020.

SANTOS, Esmael Lopes dos et al. Chiseling and gypsum application affecting soil physical attributes, root growth and soybean yield1. **Revista Ciência Agronômica**, v. 50, p. 536-542, 2019.

DOS SANTOS, Esmael Lopes et al. DISTRIBUIÇÃO DE RAÍZES DE SOJA, RESISTÊNCIA TÊNSEL E FRIABILIDADE DE AGREGADOS DO SOLO EM DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO. In: **Colloquium Agrariae**. ISSN: 1809-8215. 2020. p. 19-28.

SENTELHAS, P. C.; BATTISTI, R.; CÂMARA, G. M. S.; FARIAS, J. R. B.; HAMPF, A.; NENDEL, C. The soybean yield gap in Brazil: magnitude, causes and possible solution. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 158, p. 1394-1411, 2015.

SILVA, R. V. et al. Infiltração de água no solo em diferentes sistemas de manejo na região norte do Paraná. In: **Embrapa Soja-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: JORNADA ACADÊMICA DA EMBRAPA SOJA, 13., 2018, Londrina. Resumos expandidos... Londrina: Embrapa Soja, 2018., 2018.

STEFANOSKI, Diane C. et al. Uso e manejo do solo e seus impactos sobre a qualidade física. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, v. 17, p. 1301-1309, 2013.