

# RESSALVA

Atendendo solicitação do(a)  
autor(a), o texto completo desta tese  
será disponibilizado somente a partir  
de 09/07/2022.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**SISTEMAS DE CULTIVO E ADUBAÇÃO NITROGENADA EM  
COBERTURA NA CULTURA DO MILHO**

**Stefany Silva de Souza**  
Engenheira Agrônoma

**2020**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**SISTEMAS DE CULTIVO E ADUBAÇÃO NITROGENADA EM  
COBERTURA NA CULTURA DO MILHO**

**Stefany Silva de Souza**

**Orientador: Prof. Dr. Leandro Borges Lemos**

**Coorientador: Prof. Dr. Glauco de Souza Rolim**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para obtenção do título de Doutora em Agronomia (Produção Vegetal).

**2020**

S729s Souza, Stefany Silva de  
Sistemas de cultivo e adubação nitrogenada em cobertura na cultura do milho / Stefany Silva de Souza. -- Jaboticabal, 2020  
69 p. : il., tabs.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal  
Orientador: Leandro Borges Lemos  
Coorientador: Glauco de Souza Rolim

1. Agricultura sustentável. 2. Consórcios. 3. Nitrogênio. 4. Plantio direto. 5. Milho. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

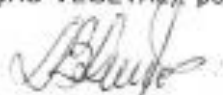
TÍTULO DA TESE: SISTEMAS DE CULTIVO E ADUBAÇÃO NITROGENADA EM COBERTURA NA CULTURA DO MILHO

AUTORA: STEFANY SILVA DE SOUZA

ORIENTADOR: LEANDRO BORGES LEMOS

COORIENTADOR: GLAUCO DE SOUZA ROLIM

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em AGRONOMIA (PRODUÇÃO VEGETAL) pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. LEANDRO BORGES LEMOS  
Departamento de Ciências da Produção Agrícola (Fitotecnia) / FCAV / UNESP - Jaboticabal

*✓ / Leandro Borges Lemos*  
Prof. Dr. MÁRCIO JOSÉ DE SANTANA (VIDEOCONFERÊNCIA)  
Departamento de Agronomia / IFTM - Uberaba/MG

*✓ / Leandro Borges Lemos*  
Prof. Dr. GUSTAVO VITTIMÓRO (VIDEOCONFERÊNCIA)  
Departamento de Ciências da Produção Agrícola (Fitotecnia) / FCAV / UNESP - Jaboticabal

*✓ / Leandro Borges Lemos*  
Prof. Dr. ROGERIO FARINELLI (VIDEOCONFERÊNCIA)  
Fundação Educacional de Barretos / UNIFEB - Barretos, SP

*✓ / Leandro Borges Lemos*  
Profa. Dra. MARA CRISTINA PESSOA DA CRUZ (VIDEOCONFERÊNCIA)  
Departamento de Solos e Adubos / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Jaboticabal, 09 de julho de 2020

## **DADOS CURRICULARES DA AUTORA**

Stefany Silva de Souza, nascida no dia 05 de janeiro de 1991, no município de Campos Altos, Estado de Minas Gerais, Brasil. Ingressou no curso de Engenharia Agrônômica em 2009, no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro, Campus Uberaba, Minas Gerais, Brasil. Como aluna de graduação fez iniciação científica de 2009 a 2013, trabalhando com agrometeorologia e manejo de irrigação para diversas culturas. Foi bolsista de iniciação científica da Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG), durante o ano de 2010, e do Programa de Educação Tutorial (PET-MEC), de 2011 até 2013, quando concluiu o curso. Ingressou no curso de mestrado em Agronomia (Produção Vegetal) em agosto de 2014 e obteve o título de mestra em julho de 2016, na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (FCAV/UNESP). Nesta mesma faculdade, iniciou o curso de doutorado em Agronomia (Produção Vegetal) em agosto de 2016. Durante o mestrado e doutorado, foi bolsista da Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), sob a orientação do Prof. Dr. Leandro Borges Lemos, em ambos os cursos, e coorientação do Prof. Dr. Glauco de Souza Rolim, no doutorado. Durante o mestrado, executou trabalhos de sistemas de produção agrícolas sustentáveis, continuando nesta linha de pesquisa no doutorado, adicionando agrometeorologia e modelagem de cultivos agrícolas.

“A natureza, em seus caprichos e mistérios, condensa em pequenas coisas o poder de dirigir as grandes; nas sutis, a potência de dominar as mais grosseiras; nas coisas simples, a capacidade de reger as complexas.”

Ana Maria Primavesi

Ao meu pai, Geraldo César de Souza, e à minha vó, Valdete Catarina Campos, que vivem em minha memória e na minha saudade, pelos gestos de incentivo e exemplos de força, coragem e fé, **DEDICO!**

À minha mãe, Elaine Helena Silva e Souza, por sempre acreditar na minha capacidade e não medir esforços para que os estudos fossem prioridade na minha vida, **OFEREÇO!**



## **AGRADECIMENTOS**

A Deus pela vida e por me mostrar que tudo acontece no tempo certo.

À Universidade Estadual Paulista - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal - FCAV/UNESP e ao Programa de Pós-graduação em Agronomia (Produção Vegetal), pelos ensinamentos e pela oportunidade de realização do mestrado e do doutorado.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Leandro Borges Lemos, pela oportunidade, paciência, confiança, amizade e pelos ensinamentos em todos estes anos.

Ao meu coorientador, Prof. Dr. Glauco de Souza Rolim, pelos ensinamentos, colaboração, amizade.

À Profa. Dra. Mara Cristina Pessoa da Cruz, pela paciência, carinho e grande auxílio nas análises de nutrientes foliares, juntamente a todos do laboratório de fertilidade do solo. Sou muito grata a vocês!

Aos professores participantes da comissão examinadora do exame geral de qualificação e da defesa de tese de doutorado, Dr. César Martoreli da Silveira, Dr. Gustavo Vitti Môro, Dra. Mara Cristina Pessoa da Cruz, Dr. Rogério Farinelli, pela atenção, gentileza e colaboração.

Ao Prof. Dr. Márcio José de Santana, pela participação na comissão examinadora da defesa de tese de doutorado, mas principalmente por ter sido meu primeiro incentivo profissional como orientador. Obrigada por todo apoio e amizade!

Aos docentes e colegas do curso de Pós-Graduação em Agronomia (Produção Vegetal e Ciência do Solo) da FCAV/UNESP, pela importante contribuição em meu crescimento científico.

Ao Professor Dr. Rouverson Pereira da Silva, pela amizade e auxílio.

Aos funcionários da Sessão Técnica de Pós-Graduação, por toda dedicação e empenho.

Aos funcionários da Fazenda de Ensino e Pesquisa da FCAV, em especial à equipe do Marcelo Scatolin, pelo apoio na condução dos trabalhos de campo.

Aos funcionários dos Departamentos de Produção Vegetal, em especial ao Rubens Libório e à Mônica Roberta Ignacio Colovati, e Exatas, pelas contribuições e dedicação em todos esses anos.

Aos grupos de pesquisa Sagris e GAS, em especial a Adailza Calvacante, Fábio Mingotte, Flávia Monteiro e Kamila Meneses, pela convivência, troca de experiências e auxílio durante esta trajetória.

Ao Anderson Prates, pela imensa ajuda e opiniões.

À equipe de organização do Chá Cultural, obrigada pelos momentos felizes e de ajuda ao próximo.

À minha família, avós, tios e tias, primos e primas, padrinhos e madrinhas e, em especial, à minha mãe Elaine Helena Silva e Souza e aos meus irmãos, Jéssica Silva de Souza e Geraldo Cezar Souza Júnior, pelo amor, apoio e motivação em todas as minhas escolhas.

À minha prima, Taynara T. B. Valeriano, pela cumplicidade e por estar sempre ao meu lado, compartilhando das minhas memórias mais antigas e felizes.

À Jordana de Araújo Flôres, pelo grande auxílio, amizade e companheirismo de sempre.

Ao meu namorado, Everton Vieira de Carvalho, pelo apoio incondicional, amor e carinho. Você fez dessa etapa mais tranquila e feliz!

Aos meus amigos, Adão Felipe, Aline Spaggiari, Edgard Henrique, Gustavo André, Karita Almeida, Larissa Souza, Maria Albertina, pelo companheirismo, por fazerem de Jaboticabal meu lar e por partilharem comigo bons momentos que jamais serão esquecidos.

Aos amigos de Campos Altos e da vida, obrigada por participarem da minha vida, mesmo que à distância, e pelo carinho de sempre.

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

Por fim, a todos que contribuíram, direta ou indiretamente, para a realização deste trabalho e conquista deste título, muito obrigada!

## SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	iv
LISTA DE FIGURAS.....	v
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 Sistemas de cultivo sustentáveis .....	3
2.2 A cultura do milho em sistemas de consórcio de culturas.....	5
2.3 Adubação nitrogenada para o milho em sistemas de consórcio .....	8
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	10
3.1 Localização e caracterização da área experimental .....	10
3.2 Delineamento experimental e tratamentos.....	11
3.3 Implantação e condução do experimento.....	11
3.4 Caracterização climática no período .....	12
3.4 Avaliações.....	16
3.5 Análises estatísticas.....	17
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	18
4.1 Experimento I – Sistemas de cultivo de milho em função da adubação nitrogenada no ano agrícola 2016/17.....	18
4.2 Experimento II- Sistemas de cultivo de milho em função da adubação nitrogenada no ano agrícola 2017/18.....	26
5. CONCLUSÕES.....	37
6. REFERÊNCIAS .....	37
APÊNDICE A: Dados climáticos diários da área experimental. ....	46
APÊNDICE: Dados resultantes do balanço hídrico. ....	59

## SISTEMAS DE CULTIVO E ADUBAÇÃO NITROGENADA EM COBERTURA NA CULTURA DO MILHO

**RESUMO** – O consórcio do milho com braquiária e crotalária é estratégia de cultivo sustentável, capaz de gerar palhada para o sistema plantio direto (SPD) aliada à produtividade de grãos. Entretanto, dada a importância do nitrogênio para a cultura do milho, é necessário estabelecer o requerimento da cultura nos sistemas de consórcio em virtude da falta de informações. O objetivo com este trabalho foi avaliar, em dois experimentos, o desempenho agrônômico em função de doses de nitrogênio em adubação de cobertura, para o milho em sistemas de cultivo exclusivo, consorciado com braquiária e com crotalária, assim como a palhada produzida nestes sistemas. Os experimentos foram instalados em uma área de Latossolo Vermelho eutroférico de textura argilosa. O delineamento experimental foi em blocos casualizados em esquema de parcelas subdivididas, com quatro repetições. As parcelas foram compostas por três sistemas de cultivo, representados pelo milho exclusivo, milho consorciado com braquiária e milho consorciado com crotalária. As subparcelas foram constituídas por quatro doses de nitrogênio, sendo 0, 70, 140 e 210 kg ha<sup>-1</sup>, aplicadas em adubação de cobertura da cultura do milho, utilizando como fonte, ureia revestida com polímeros. As avaliações realizadas na cultura do milho foram: teor de nitrogênio foliar, altura de plantas, altura de inserção da espiga principal, diâmetro do colmo, comprimento de espiga, diâmetro de espiga, número de grãos por fileira, número de fileiras por espiga, número de grãos por espiga, massa de espiga, massa de mil grãos e produtividade de grãos. Calculou-se a eficiência agrônômica. Em relação à palhada oriunda do ano agrícola 2017/2018 foram: produtividade, teor e acúmulo de nitrogênio. Em relação aos sistemas de cultivo, os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste F, e as médias agrupadas pelo teste Tukey. Realizou-se o estudo de regressão para efeitos de doses de N e a interação destas com os sistemas de cultivo. Utilizou-se a análise multivariada para análise das variáveis agrônômicas do milho. A altura de inserção da espiga principal foi beneficiada pelo milho consorciado com a crotalária no experimento I e II. Enquanto a massa de espiga e a produtividade de grãos se destacaram no milho exclusivo no experimento I, as espigas foram mais compridas, porém não promoveram diferença de produtividade de grãos entre os sistemas de cultivo no experimento II. O teor de N foliar e a produtividade de grãos foram afetados pela interação entre sistemas de cultivo e doses de N em ambos experimentos, verificando-se maior necessidade de adubação para o milho em consórcio com a braquiária. Em relação às palhadas, os sistemas consorciados proporcionaram maiores produtividades e acúmulo de nitrogênio.

**Palavras-Chave:** consórcio de culturas, *Crotalaria spectabilis*, milho primeira safra, nitrogênio, *Urochloa ruziziensis*, *Zea mays* L.

## CULTIVATION SYSTEMS AND NITROGEN FERTILIZATION IN COVERAGE IN MAIZE CROP

**ABSTRACT** – The maize intercropped with brachiaria and crotalaria is a sustainable cultivation strategy, able to generate straw for no-tillage system (NTS) along with grain yield. However, given the importance of the nitrogen for maize, it is necessary to establish the crop requirement in intercropped systems due to the lack of information. The objective of this work was to evaluate, in two experiments, the agronomic performance and the relative economic return, in function of nitrogen doses in topdressing fertilization, for maize in exclusive cultivation systems, intercropped with brachiaria and crotalaria, as well as the straw produced in these systems. The experiments were carried out in an area of Latossolo Vermelho Eutroférico (Oxisol) with clay texture. The experimental design was in randomized blocks in a split-plot scheme, with four replications. The plots were composed of three cultivation systems represented by exclusive maize, maize intercropped with brachiaria and maize intercropped with crotalaria. The split-plots were four nitrogen doses, being 0, 70, 140 and 210 kg ha<sup>-1</sup>, applied in topdressing fertilization of maize, using polymer-coated urea. The assessments carried out in the maize crop were: leaf nitrogen content, plant height, height of main ear insertion, stem diameter, ear length, ear diameter, number of grains per row, number of row per ear, number of grains per ear, ear mass, thousand-grain weight and grain yield. Agronomic efficiency was calculated. Regarding the straw from the experiment I, were evaluated: yield, nitrogen content and nitrogen accumulation. Regarding the crop systems, the results were subjected to analysis of variance by F test, and the means were grouped by Tukey test. The doses and interaction between doses and crop systems were subjected to regression analysis. Multivariate analysis was used to analyse maize agronomic variables. The height of insertion of the main ear was benefited by corn intercropped with crotalaria in experiments I and II. While ear mass and grain yield stand out in exclusive corn in experiment I, ears were longer but did not promote a difference in grain yield between cultivation systems in experiment II. Leaf N content and grain yield were affected by the interaction between cultivation systems and N doses in both experiments, with a greater fertilization requirement for maize in intercropping with brachiaria. In relation to straw, the intercropped systems provided greater productivity and nitrogen accumulation.

**KEYWORDS:** intercropping, *Crotalaria spectabilis*, nitrogen, *Urochloa ruziziensis*, *Zea mays* L.

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Atributos químicos do solo da camada 0,00-0,20 m verificados antes da instalação do experimento. Jaboticabal, SP, Brasil..... 11
- Tabela 2.** Teor de nitrogênio foliar (TNF), diâmetro de colmo (DC), altura de plantas (AP) e altura de inserção da espiga principal (AE) da cultura do milho conduzida em sistemas de cultivo e submetida a doses de nitrogênio em cobertura. Jaboticabal, SP, Brasil, 2016/2017. .... 19
- Tabela 3.** Diâmetro da espiga (DE), comprimento da espiga (CE), número de fileiras por espiga (NFE), número de grãos por fileira (NGF), número de grãos por espiga (NGE), massa de espiga (ME), massa de grãos por espiga (MGE), massa de mil grãos (MM) e produtividade de grãos (PG) da cultura do milho conduzida em sistemas de cultivo e submetida a doses de nitrogênio em cobertura. Jaboticabal, SP, Brasil, 2016/2017. ....21
- Tabela 4.** Teor de nitrogênio foliar (TNF), diâmetro de colmo (DC), altura de plantas (AP) e altura de inserção da espiga principal (AE) da cultura do milho conduzida em sistemas de cultivo e submetida a doses de nitrogênio em cobertura. Jaboticabal, SP, Brasil, 2017/2018. ....27
- Tabela 5.** Diâmetro da espiga (DE), comprimento da espiga (CE), número de fileiras por espiga (NFE), número de grãos por fileira (NGF), número de grãos por espiga (NGE), massa de espiga (ME), massa de grãos por espiga (MGE), massa de mil grãos (MM) e produtividade de grãos (PG) da cultura do milho conduzida em sistemas de cultivo e submetida a doses de nitrogênio em cobertura. Jaboticabal, SP, Brasil, 2017/2018. ....29

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Temperatura máxima e mínima do ar (°C) e precipitação pluvial (mm), durante o período experimental. As marcações indicam, épocas de semeaduras do milho e plantas de cobertura (1), adubação nitrogenada de cobertura (2) e colheita (3) do milho exclusivo e consorciado, nos experimentos I (A) e II (B), em Jaboticabal, SP, Brasil. Fonte: Estação Agroclimatológica Departamento de Ciências Exatas da FCAV/Unesp – Câmpus de Jaboticabal. .... 13
- Figura 2.** Precipitação pluvial (P), evapotranspiração de cultura (ET<sub>c</sub>) e evapotranspiração real (ET<sub>r</sub>) para fases fenológicas da cultura do milho nos experimentos I e II em Jaboticabal, SP, Brasil. V<sub>E</sub>-V<sub>6</sub>: Emergência à sexta folha, V<sub>7</sub>-V<sub>10</sub>: Sétima à décima folha, V<sub>10</sub>-V<sub>t</sub>: Décima folha ao pendoamento, V<sub>t</sub>: Pendoamento, R<sub>1</sub>: Antese-Florescimento (fecundação), R<sub>2</sub>: Grão leitoso, R<sub>3</sub>: Grão pastoso, R<sub>4</sub> - M<sub>F</sub>: Grão farináceo-Maturidade fisiológica. .... 14
- Figura 3.** Extrato do balanço hídrico sequencial considerando os dias após a emergência até a maturidade fisiológica da cultura do milho nos experimentos I (A) e II (B) em Jaboticabal, SP, Brasil. V<sub>E</sub>-V<sub>6</sub>: Emergência à sexta folha, V<sub>7</sub>-V<sub>10</sub>: Sétima à décima folha, V<sub>10</sub>-V<sub>t</sub>: Décima folha ao pendoamento, V<sub>t</sub>: Pendoamento, R<sub>1</sub>: Antese-Florescimento (fecundação), R<sub>2</sub>: Grão leitoso, R<sub>3</sub>: Grão pastoso, R<sub>4</sub> - M<sub>F</sub>: Grão farináceo-Maturidade fisiológica. .... 15
- Figura 4.** Teor de N foliar para a cultura do milho em função da interação entre sistemas de cultivo e doses de nitrogênio aplicadas em cobertura. Jaboticabal, SP, Brasil, 2016/2017. ▲ Milho exclusivo. ■ Milho consorciado com crotalária (*Crotalaria spectabilis*). ● Milho consorciado com braquiária (*Urochloa ruziziensis*). .... 20
- Figura 5.** Diâmetro do colmo para a cultura do milho em função de doses de nitrogênio aplicadas em cobertura. Jaboticabal, SP, Brasil, 2016/2017. .... 20
- Figura 6.** Comprimento da espiga (A), número de grãos por fileira (B), número de grãos por espiga (C) e massa de mil grãos (D) para a cultura do milho em função de doses de nitrogênio aplicadas em cobertura. Jaboticabal, SP, Brasil, 2016/2017. ... 22

**Figura 7.** Produtividade de grãos para a cultura do milho em função da interação entre doses de N em cobertura e sistemas de cultivo. Jaboticabal, SP, Brasil, 2016/2017.

▲ Milho exclusivo. ■ Milho consorciado com crotalária (*Crotalaria spectabilis*). ● Milho consorciado com braquiária (*Urochloa ruziziensis*). .....23

**Figura 8.** Gráfico biplot dos componentes principais para a distribuição dos sistemas de cultivo sob doses de nitrogênio em função das variáveis agronômicas do milho.

Jaboticabal, SP, Brasil, 2016/2017. Os sistemas de cultivo são indicados por M: Milho exclusivo, MC: Milho consorciado com crotalária (*Crotalaria spectabilis*) e MB: Milho consorciado com braquiária (*Urochloa ruziziensis*). Os números acompanhados do sistema de cultivo indica a dose de N ( $\text{kg ha}^{-1}$ ). As variáveis agronômicas são: Teor de nitrogênio foliar (TNF), diâmetro de colmo (DC), altura de plantas (AP), altura de inserção da espiga principal (AE), Diâmetro da espiga (DE), comprimento da espiga (CE), número de grãos por espiga (NGE), massa de espiga (ME), massa de mil grãos (M1000) e produtividade de grãos (PG). .....25

**Figura 9.** Eficiência agronômica da cultura do milho para os sistemas de cultivo de milho exclusivo, milho consorciado com braquiária (*Urochloa ruziziensis*), milho consorciado com crotalária (*Crotalaria spectabilis*) em função de doses de nitrogênio aplicadas em cobertura. Jaboticabal, SP, Brasil, 2016/2017. ....26

**Figura 10.** Teor de N foliar para a cultura do milho em função da interação entre sistemas de cultivo e doses de nitrogênio aplicadas em cobertura. Jaboticabal, SP, Brasil, 2017/2018. ▲ Milho exclusivo. ■ Milho consorciado com crotalária (*Crotalaria spectabilis*). ● Milho consorciado com braquiária (*Urochloa ruziziensis*). .....28

**Figura 11.** Diâmetro do colmo (A) e altura de inserção da espiga principal (B) para a cultura do milho em função de doses de nitrogênio aplicadas em cobertura. Jaboticabal, SP, Brasil, 2017/2018. ....28

**Figura 12.** Comprimento da espiga (A), número de grãos por fileira (B), número de grãos por espiga (C) e massa de mil grãos (D) para a cultura do milho em função de doses de nitrogênio aplicadas em cobertura. Jaboticabal, SP, Brasil, 2017/2018. ...31



**Figura 13.** Produtividade de grãos para a cultura do milho em função da interação entre doses de nitrogênio aplicadas em cobertura e sistemas de cultivo. Jaboticabal, SP, Brasil, 2017/2018. ▲Milho exclusivo. ■Milho consorciado com crotalária (*Crotalaria spectabilis*). ●Milho consorciado com braquiária (*Urochloa ruziziensis*). .32

**Figura 14.** Gráfico biplot dos componentes principais para a distribuição dos sistemas de cultivo sob doses de nitrogênio em função das variáveis agronômicas do milho. Jaboticabal, SP, Brasil, 2017/2018. Os sistemas de cultivo são indicados por M: Milho exclusivo, MC: Milho consorciado com crotalária (*Crotalaria spectabilis*) e MB: Milho consorciado com braquiária (*Urochloa ruziziensis*). Os números acompanhados do sistema de cultivo indica a dose de N (kg ha<sup>-1</sup>). As variáveis agronômicas são: Teor de nitrogênio foliar (TNF), diâmetro de colmo (DC), altura de plantas (AP), altura de inserção da espiga principal (AE), Diâmetro da espiga (DE), comprimento da espiga (CE), número de grãos por espiga (NGE), massa de espiga (ME), massa de mil grãos (M1000) e produtividade de grãos (PG). .....33

**Figura 15.** Eficiência agronômica da cultura do milho para os sistemas de cultivo de milho exclusivo, milho consorciado com braquiária (*Urochloa ruziziensis*), milho consorciado com crotalária (*Crotalaria spectabilis*) em função de doses de nitrogênio aplicadas em cobertura. Jaboticabal, SP, Brasil, 2017/2018. ....34

**Figura 16.** Produtividade (A), teor de nitrogênio total (B) e acúmulo de nitrogênio (C) referentes à palhada dos sistemas de cultivo de milho consorciado com braquiária (*Urochloa ruziziensis*), milho consorciado com crotalária (*Crotalaria spectabilis*) e milho exclusivo. Jaboticabal, SP, Brasil, 2017/2018. <sup>(1)</sup>Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. O teste F e DMS (Tukey - p<0,05) referentes à produtividade, teor de nitrogênio e acúmulo de nitrogênio foram, respectivamente, 0,0269\* e 3,80; 0,0010\*\* e 8,64 e; 0,0178\* e 43,61. \*\*Significativo pelo teste F a 1% de probabilidade. \*Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade. ....35

## 1. INTRODUÇÃO

A produção de alimentos só se manterá viável ao longo do tempo por meio de sustentabilidade. Para isto, os sistemas pelos quais as produtividades agrícolas se associam à conservação dos ecossistemas, melhorias do solo e adaptação às mudanças climáticas, são estimulados por muitos países (ONU, 2020). Neste contexto, resultados satisfatórios são atingidos com a utilização de plantas de cobertura, pois contribuem com a qualidade do solo, principalmente através de incrementos na matéria orgânica (Schipanski et al., 2014) e de ciclagem de nutrientes (Pacheco et al., 2013), além de controlarem pragas (Schipanski et al., 2014) e plantas daninhas (Martins et al., 2016). Assim, reduz-se a aplicação de fertilizantes e agrotóxicos, os quais são agentes poluidores.

Dentre as formas de inserirem as plantas de cobertura na realidade dos produtores rurais, o consórcio de culturas constitui alternativa ideal, ao alterar pouco o cronograma e, assim, aliar retorno econômico a melhorias no meio ambiente. À consorciação de culturas tem sido atribuída a quarta revolução verde, em razão da prática tornar a agricultura promissora ecologicamente (Martin-Guai et al., 2018).

A cultura do milho é priorizada entre as anuais no cultivo simultâneo às plantas de cobertura, pois além da importância econômica e social (USDA, 2020), possui porte alto, rápido crescimento inicial e elevada capacidade de interceptação da radiação fotossinteticamente ativa ao longo de seu dossel, características vantajosas para evitar a competição interespecífica (Oliveira et al., 2010; Kappes e Zancanaro, 2015). Os Sistemas Santa Fé (Kluthcouski et al., 2000) e Santa Brígida (Oliveira et al., 2010) são representantes de sucesso entre os cultivos simultâneos de milho com as plantas de cobertura. No primeiro caso, utiliza-se gramíneas forrageiras, e no outro, leguminosas, o que tem possibilitado atingir altas produtividades de grãos, com formação de palhada para o sistema plantio direto (SPD) ou cultivo de adubos verdes.

O SPD é uma das principais práticas de conservação ambiental, visto que o recobrimento da área agricultável por restos culturais protege a superfície do solo contra os agentes erosivos, mantendo a umidade e a estrutura, além de diminuir a variação da temperatura (Silva et al., 2008) e promover a ciclagem e disponibilidade de nutrientes (Boer et al., 2007; Marcelo et al., 2012), o que favorece o desenvolvimento das culturas. Neste cenário, o cultivo de gramíneas forrageiras,

como as braquiárias, se destaca porque, embora contribua com aspectos químicos e físicos do solo (Silveira et al., 2011), o diferencial destas plantas é a elevada produtividade de palhada de alta relação carbono/nitrogênio (C/N), permitindo a cobertura do solo por mais tempo (Mingotte et al., 2014).

Entretanto, palhadas de alta relação C/N podem ser inconvenientes em relação à dinâmica do nitrogênio (N), uma vez que podem promover imobilização do nutriente ao se decompor e, conseqüentemente, interferir na sincronia entre a disponibilidade no solo e a necessidade nutricional da planta sobre a palhada. Contrastante a isso, têm-se as palhadas de decomposição mais rápida, com menor relação C/N, oriundas das leguminosas. Estas plantas, as quais compreendem as crotalárias, são denominadas de adubo verde, uma vez que se associam a microrganismos que realizam a fixação biológica do N (FBN), recebendo o nutriente, de forma que por meio de exsudatos radiculares (Murrel et al., 2017) ou decomposição dos restos culturais, aumenta-se o estoque do nutriente no solo (Marcelo et al., 2012).

Assim, contribuindo com a redução de fertilizantes nitrogenados, as crotalárias incrementam com o nutriente no sistema de produção, sendo que a *Crotalaria spectabilis* pode fornecer até 160 kg ha<sup>-1</sup> de N ao solo (Calegari e Carlos, 2014). Estas espécies promovem também controle de nematoides (Wang et al., 2002) e diversificação de palhada para o SPD (Kappes e Zancanaro, 2015). Neste aspecto, entretanto, a decomposição da palhada, de forma mais rápida, torna-se um empecilho, sendo oportuno cultivar as crotalárias em consórcio com culturas que geram palhadas de maior relação C/N, como o milho, pois esta combinação acarreta em comportamento intermediário quanto à cobertura do solo e à imobilização do N (Giacomini et al., 2004).

Em um sistema de cultivo sustentável, é importante a articulação com a dinâmica do N. Isto porque, praticamente todas as culturas o requerem em grandes quantidades, sendo que, devido aos processos de perdas e transformações no solo, o nutriente torna-se facilmente indisponível às plantas, e doses exacerbadas de fertilizantes nitrogenados são utilizados na nutrição de culturas, contribuindo com a poluição ambiental. Dada a cultura do milho, o requerimento de N para altas produtividades de grãos chega a até 30 kg ha<sup>-1</sup> no momento da semeadura e 140 kg ha<sup>-1</sup> em adubação de cobertura, conforme recomendações técnicas do Estado de

São Paulo (Raij e Cantarella, 1997). Entretanto, estas quantidades não são específicas para os consórcios desta cultura com gramíneas forrageiras e leguminosas. Assim, em virtude dessa falta de informação, é importante adequar o incremento de N em sistemas de consorciação de milho com braquiária e crotalária.

Dadas as considerações apresentadas, objetivou-se com este trabalho realizar dois experimentos na primeira safra e avaliar: a) no primeiro experimento, o desempenho agrônômico em função da aplicação de doses de N em cobertura para os sistemas de cultivo de milho exclusivo e em consórcio com braquiária e com crotalária, sendo o cereal (híbrido 2B 710 PW) cultivado com população de 60 mil plantas por hectare; b) o desempenho agrônômico em função da aplicação de doses de N em cobertura e a produção de palhada para a implantação do SPD, dos sistemas de cultivo de milho exclusivo e em consórcio com braquiária e com a crotalária, sendo o cereal (híbrido 2B 810 PW) cultivado com população de 88 mil plantas por hectare.

## 5. CONCLUSÕES

a) O desempenho agrônômico de milho consorciado com *Urochloa ruziziensis* e com *Crotalaria spectabilis* é inferior ao milho cultivado exclusivamente, quando o híbrido utilizado é o 2B 710 PW na população de 60 mil plantas por hectare.

b) O desempenho agrônômico de milho consorciado com *Urochloa ruziziensis* e com *Crotalaria spectabilis* é semelhante ao milho cultivado exclusivamente, quando o híbrido utilizado é o 2B 810 PW na população de 88 mil plantas por hectare.

c) Em ambos os experimentos, os sistemas consorciados necessitam maior adubação nitrogenada em cobertura, com o consórcio de milho com *Urochloa ruziziensis* apresentando maior demanda em relação ao consórcio com a *Crotalaria spectabilis*.

d) Os sistemas de milho consorciados apresentam produtividade de palhada acima de 9 t ha<sup>-1</sup>, mostrando ser uma alternativa na implantação do sistema de plantio direto.

## 6. REFERÊNCIAS

Aidar H, Kluthcouski J, Cobucci T (2007) Palhada de braquiária: redução dos riscos e do custo de produção das lavouras. In: **Integração lavoura-pecuária**. Belo Horizonte: Embrapa Arroz e Feijão, p. 30-38. (Informe Agropecuário)

Allen RG, Pereira LS, Raes D, Smith M (1998) **Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 300 p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 56).

Almeida REM, Favarin JL, Otto R, Pierozan C, Oliveira SM de, Tezotto T, Lago BC (2017) Effects of nitrogen fertilization on yield components in a corn-palisadegrass intercropping system. **Australian Journal of Crop Science** 11:352-359.

Alves MC, Carvalho M de P e, Souza EJ de. (2015) Manejo do solo. In: Arf O, Lemos LB, Soratto RP, Ferrari S (Eds.) **Aspectos gerais da cultura do feijão: Phaseolus vulgaris**. Botucatu: UNESP, p. 39-63.

Amado TJC, Mielniczuk J, Fernandes SBV (2000) Leguminosas e adubação mineral como fontes de suprimento de nitrogênio ao milho em sistemas de preparo do solo. **Revista Brasileira Ciência do Solo** 24:179-189.

Arf O, Meirelles FC, Portugal JR, Buzetti S, Sá ME de, Rodrigues RAF (2018a) Benefícios do milho consorciado com gramínea e leguminosas e seus efeitos na produtividade em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo** 17:431-444.

Arf O, Portugal JR, Buzetti S, Rodrigues RAF, Sá ME de (2018b) Crop rotation, green manure and nitrogen fertilizers in upland rice under no-tillage. **Pesquisa Agropecuária Tropical** 48:153-162.

Batista K, Giacomini AA, Gerdes L, Mattos WTD, Otsuk IP (2019) Impacts of the nitrogen application on productivity and nutrients concentrations of the corn-Congo grass intercropping system in the dry season. **Acta Agriculturae Scandinavica, Section B — Soil e Plant Science** 1–11.

Bengtsson G, Bengtson P, Mansson KF (2003) Gross nitrogen mineralization, immobilization, and nitrification rates as a function of soil C/N ratio and microbial activity. **Soil Biology e Biochemistry** 35:143–154

Bitew Y, Alemayehu G, Adegbo E, Assefa A (2020) Nutrient competition and requirement in finger millet-haricot bean intercropping system. **Journal of Plant Nutrition** 43:578-593.

Blanco-Canqui H, Ruis SJ (2018) No-tillage and soil physical environment. **Geoderma** 326:164-200.

Boer CA, Assis, RL de, Gilson PS, Braz AJBP, Barroso AL de L, Cargnelutti Filho A, Pires FR (2007) Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 42:1269-1276.

Borém A, Glavão JCC, Pimentel MA (2015) **Milho: do plantio à colheita**. Viçosa: Editora UFV, 351 p.

Borghetti A, Crusciol ACA, Nascente AS, Mateus GP, Martins PO, Costa C (2013) Effects of row spacing and intercrop on maize grain yield and forage production of palisade grass. **Crop Pasture Science** 63: 1106-1113

Borghetti E, Crusciol CAC, Trivelin PCO, Nascente AS, Costa C, Mateus GP (2014) Nitrogen fertilization ( $15\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) of palisadegrass and residual effect on subsequent no-tillage corn. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** 38:1457-1468.

Buchanan BB, Gruissem W, Jones RL (2000) **Biochemistry e molecular biology of plants**. Rockville: American Society of Plant Physiologists, p. 787-799.

Calegari A, Carlos JAD (2014) Recomendações de plantio e. Informações gerais sobre o uso de espécies para adubação verde no Brasil. In: Lima Filho OF de, Ambrosano

EJ, Rossi F, Carlos JAD (Eds.) **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: Fundamentos e prática**. Brasília: Embrapa, p. 451-477.

Cambaúva V, Leal FT, Lemos LB (2019) Crescimento, produtividade e palhada de milho exclusivo e consorciado com crotalárias em diferentes espaçamentos. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo** 18:99-111.

Cantarella H, Rajj B van, Camargo C E O (1997) Cereais. In: Rajj B van, Cantarella H, Quaggio JA, Furlani AMC (Eds) **Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: IAC, p. 45-47.

Carmo CAF de S do, Araújo WS de, Bernardi AC de C, Saldanha MFC (2000) **Métodos de análise de tecidos vegetais utilizados na Embrapa Solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 41 p. (Embrapa Solos. Circular Técnica, 6).

Carr PM, Horsley RD, Poland WW (2004) Barley, oat and cereal-pea mixture as dryland forages in the northern Great Plains. **Agronomy Journal** 96:677-84

Ceccon G, Staut LA, Sagrilo E, Machado LAZ, Nunes DP, Alves VB (2013) Legumes and forage species sole or intercropped with corn in soybean-corn succession in midwestern Brazil. **Revista Brasileira Ciência do Solo** 24:179-189.

Ceccon, G. (2007) Milho safrinha com solo protegido e retorno econômico em Mato Grosso do Sul. **Revista Plantio Direto** 16:17-20.

Collier LS, Kikuchi FY, Benício LPF, Sousa SA de (2011) Consórcio e sucessão de milho e feijão-de-porco como alternativa de cultivo sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical** 41:306-313.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento (2020) Acompanhamento da safra brasileira de grãos: oitavo levantamento, safra 2019/20. 2020, v.7, n.5, p.73-85. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 1 de março de 2020.

Corsini DCDC, Cassiolato AMR (2015) Microbiologia do solo e fixação simbiótica do nitrogênio. In: Arf O, Lemos LB, Soratto RP, Ferrari S(Ed) **Aspectos gerais da cultura do feijão: Phaseolus vulgaris L.** Botucatu: UNESP, p. 111-116.

Costa JLS, Rava CA (2003). Influência da braquiária no manejo de doenças do feijoeiro com origem no solo. In: Kluthcouski J, Stone LF, Aldar H (Eds). **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, p. 523-536.

Costa NR, Andreotti M, Lopes KSM, Santos FG dos, Pariz CM (2014) Adubação nitrogenada em capins do gênero *Urochloa* implantados em consórcio com a cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, 9:376-383.

Costa NR, Andreotti M, Lopes KSM, Yokobatake KLA, Lima CG da R (2016) Winter bean productivity under urochloa straw fertilized with nitrogen. **Revista Caatinga, Mossoró** 29:133-142.

Crusciol CAC, Mateus GP, Nascente AS, Martins PO, Borghi E, Pariz CM (2012) An innovative crop-forage intercrop system: early cycle soybean cultivars and palisadegrass. **Agronomy Journal** 104:1085-1095.

Crusciol CAC, Nascente AS, Mateus GP, Borghi E, Leles EP, ND Santos (2013) Effect of intercropping on yields of corn with different relative maturities and palisadegrass. **Agronomy Journal** 105:599-606.

Doorenbos J, Kassan AH (1979) **Yield response to water**. Roma: FAO, 193 p.

Du X, Xi M, Kong L (2019) Split application of reduced nitrogen rate improves nitrogen uptake and use efficiency in sweetpotato. **Scientific reports**, 9:1-11.

Duete RRC, Muraoka T, Silva EC da, Trivelin PCO, Ambrosano EJ (2008) Manejo da adubação nitrogenada e utilização do nitrogênio (<sup>15</sup>N) pelo milho em Latossolo Vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** 32:161-171.

Fageria NK, Melo LC, Oliveira J (2013) Nitrogen use efficiency in dry bean genotypes. **Journal of Plant Nutrition** 36:2179-2190.

Farinelli R, Lemos LB (2012) Nitrogênio em cobertura na cultura do milho em preparo convencional e plantio direto consolidados. **Pesquisa Agropecuária Tropical** 42:63-70.

Ferreira, DF (2011) Sisvar: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia** 35:1039-1042.

Fornasieri Filho D (2007) **Manual da cultura do milho**. Jaboticabal: FUNEP, 576 p.

Franchini JC, Balbinot Junior AA, Debiassi H, Conte O (2014) Soybean performance as affected by desiccation time of *Urochloa ruziziensis* and grazing pressures. **Revista Ciência Agronômica**, 45:999-1005.

Gerlach GAX, Silva JC, Arf O (2019) Resposta do milho em consórcio com adubos verde no sistema plantio direto. **Acta Iguazu**, 8:134-149.

Giacomini SJ, Aita C, Chiapinotto IC, Hübner AP, Marques MG, Cadore F (2004) Consorciação de plantas de cobertura antecedendo o milho em plantio direto. II - Nitrogênio acumulado pelo milho e produtividade de grãos. **Revista Brasileira Ciência do Solo** 28:751-762.

Gitti D de C, Arf O, Portugal JR, Corsini DCDC, Rodrigues RAF, Kaneko FH (2012) Coberturas vegetais, doses de nitrogênio e inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* em arroz de terras altas no sistema plantio direto. **Bragantia** 71:509-517.

Gliessman SR (2009) **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**. Porto Alegre: Editora Universidade/UFRGS, 658 p.



Gomes Júnior F, Sá ME de, Muraishi CT (2008) Adubação nitrogenada no feijoeiro em sistema de semeadura direta e preparo convencional do solo. **Acta Scientiarum Agronomy** 30:673-680.

Gonçalves AK de A, Silva TRB da, Brandão AG (2016) Manejo de adubação nitrogenada em milho solteiro e consorciado com *Brachiaria ruziziensis*. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo** 15:318-327.

Jakelaitis A, Silva AF, Pereira JL, Silva AA, Ferreira LR, Vivian R (2006) Efeitos de densidade e época de emergência de *Brachiaria brizantha* em competição com plantas de milho. **Acta Scientiarum Agronomy** 28:373-378.

Kaiser HF (1958). The varimax criterion for analytic rotation in factor analysis. **Psychometrika** 23:187-200.

Kappes C, Andrade JA da C, Arf O, Oliveira AC de, Arf MV, Ferreira JP (2011) Desempenho de híbridos de milho em diferentes arranjos espaciais de plantas. **Bragantia** 70:334-343.

Kappes C, Zancanaro L (2015) Sistemas de consórcios de braquiária e de crotalárias com a cultura do milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo** 14:219-234.

Kichel NA, Souza LCF de, Almeida RG de, Costa JA da (2018) Produtividade e valor nutritivo de gramíneas tropicais em monocultivo e em consórcio com milho na segunda safra. **Semina. Ciências Agrárias** 39:2517, 2018.

Kluthcouski J, Cobucci T, Aidar H, Yokoyama LP, Oliveira IP, Costa JLS, Silva JG, Vilela L, Barcellos AO, Magnabosco CU (2000) **Sistema Santa Fé – Tecnologia Embrapa: integração lavoura-pecuária pelo consórcio de culturas anuais com forrageiras, em áreas de lavoura, nos sistemas de plantio direto e convencional**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 28 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Circular Técnica, 38)

Lemos LB, Farineli R, Mingotte FLC (2015) Adubação verde e rotação de culturas. In: Arf O, Lemos LB, Soratto RP, Ferrari S (Eds) **Aspectos gerais da cultura do feijão: Phaseolus vulgaris L**. Botucatu: UNESP, p. 117-147.

Magalhães PC, Durães FOM (2006) **Fisiologia da Produção de Milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 10 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 76)

Marcelo AV, Corá JE, Fernandes C (2012) Sequências de culturas em sistema de semeadura direta II - Decomposição e liberação de nutrientes na entressafra. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** 36:1568-1582.

Marini D, Guimarães VF, Dartora J, Lana M do C, Pinto Júnior AS (2015) Growth and yield of corn hybrids in response to association with *Azospirillum brasilense* and nitrogen fertilization. **Revista Ceres** 62:117-123.

Martin-Guay M-O, Paquette A, Dupras J, Rivest D (2018) The new Green Revolution: Sustainable intensification of agriculture by intercropping. **Science of The Total Environment** 615:767–772.

Martins D, Gonçalves CG, Silva Junior AC da (2016) Coberturas mortas de inverno e controle químico sobre plantas daninhas na cultura do milho. **Revista Ciência Agronômica** 47: 649-657.

Mingotte FLC, Yada MM, Jardim CA, Fiorentin CF, Lemos LB, Fornasieri Filho D (2014) Sistemas de cultivo antecessores e doses de nitrogênio em cobertura no feijoeiro em plantio direto. **Bioscience Journal** 30:696-706.

Murrell EG, Schipanski ME, Finney DM, Hunter MC, Burgess M, LaChance JC, Baraibar B, White CM, Mortensen DA, Kaye JP (2017) Achieving Diverse Cover Crop Mixtures: Effects of Planting Date and Seeding Rate. **Agronomy Journal** 109:259-271.

Nações Unidas Brasil (ONU). **Objetivos de desenvolvimento sustentável**. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>>. Acesso em: 31 jan. 2020.

Oliveira P de, Kluthcouski J, Favarin JL, Santos D de C (2010) **Sistema Santa Brígida – Tecnologia Embrapa: Consorciação de Milho com Leguminosas**. Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 16 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Circular Técnica, 88)

Oliveira SM de, Almeida REM de, Pierozan Junior C, Reis AF de B, Souza LFN, Favarin JL (2019) Contribution of corn intercropped with Brachiaria species to nutrient cycling. **Pesquisa Agropecuária Tropical** 49:1-9.

Ometto JC (1981) **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Agronômica Ceres, 440 p.

Pacheco LP, Barbosa JM, Leandro WM, Machado PLO de A, Assis RL de, Madari B E, Petter FA (2013) Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura e produtividade de soja e arroz em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 48:1228–1236.

Pacheco LP, Barbosa JM, Leandro WM, Machado PLO de A, Assis RL de, Madari BE, Petter FA (2011) Produção e ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura nas culturas de arroz de terras altas e de soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 35:1787-1800.

Paes MCD (2006) **Aspectos Físicos, Químicos e Tecnológicos do Grão de Milho**. Sete Lagoas: Embrapa, 6 p. (Embrapa. Circular Técnica, 75).

Pariz CM, Andreotti M, Azenha MV, Bergamaschine AF, Mello LMM, LIMA RC (2011) Corn grain yield and dry mass of Brachiaria intercrops in the crop-livestock integration system. **Ciência Rural**, 41:875-882.

Pereira AR, Angelocci LR, Sentelhas PC (2007) **Meteorologia Agrícola**. Piracicaba: ESALQ, 173 p. (ESALQ. Meteorologia Agrícola, 306)

Pivetta LA, Jordão LM, Larini WF, Luchese AV, Gasparin CE, Debuss AL, Carvalho MG de, Silva W de O (2019) Doses e épocas de aplicação de nitrogênio em milho safrinha. **Journal of Agronomic Sciences** 8:1-13.

Portugal JR, Arf O, Peres AR, Gitti D de C, Garcia NFS (2017) Coberturas vegetais, doses de nitrogênio e inoculação com *Azospirillum brasilense* em milho no Cerrado. **Revista Ciência Agronômica** 48:639-649.

Prado RM (2008) **Nutrição de Plantas**. São Paulo: UNESP, 407 p.

Primavesi AM (2002) **Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais**. São Paulo: Nobel, 549 p.

Querné A, Battie-laclau P, Dufour L, Wery J, Dupraz C (2017) Effects of walnut trees on biological nitrogen fixation and yield of intercropped alfalfa in a Mediterranean agroforestry system. **European Journal of Agronomy** 84:35-46.

Raj B van, Cantarella H (1997) Milho para grão e silagem In: Raj B van, Cantarella H, Quaggio JA, Furlani AMC (Eds) **Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas (IAC), p. 56-59. (Boletim Técnico, 100)

Raj B Van. (2011) **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 420 p.

Reis Júnior RA (2007) **Kimcoat N - Uma nova ferramenta para a otimização do uso de fertilizantes**. Piracicaba: IPNI, p.13-14. (IPNI.Informações Agronômicas,117)

Rolim G de S, Camargo MBP de, Lania DG, Moraes JFL (2007) Classificação climática de Köppen e de Thornthwaite e sua aplicabilidade na determinação de zonas agroclimáticas para o estado de São Paulo. **Bragantia** 66:711-720.

Sagrilo E, Leite LFC, Galvão SRS, Lima EF (2009) **Manejo Agroecológico do Solo: os Benefícios da Adubação Verde**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 24 p. (Embrapa Meio-Norte.Documentos, 193)

Sangoi L, Gracietti M, Rampazzo C, Bianchetti P (2002) Response of Brazilian maize hybrids from different eras to changes in plant density. **Field Crops Research** 79:39-51.

Santos HG dos, Jacomine PKT, Oliveira VA de, Lumbreras JF, Coelho MR, Almeida JA de, Araújo Filho JC de, Oliveira JB de, Cunha TJF (2013a) **Sistema brasileiro de classificação de solo**. Brasília: EMBRAPA, 353 p.

Santos LPD dos, Aquino LA, Nunes PHMP, Xavier FO (2013b) Doses de nitrogênio na cultura do milho para altas produtividades de grãos. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo** 12:270-279.

Schipanski ME, Barbercheck M, Douglas MR, Finney DM, Haider K, Kaye JP, Kemanian AR, Mortensen DA, Ryan MR, Tooker J, White C (2014) A framework for

evaluating ecosystem services provided by cover crops in agroecosystems. **Agricultural Systems** 125:12-22.

Silva AA, Jakelaitis A, Ferreira LR (2004) Manejo de plantas daninhas no sistema integrado agricultura-pecuária. In: Zambolim L, Ferreira AA, Agnes EL (Eds) **Manejo. Integrado: Integração agricultura-pecuária**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, p. 117-169.

Silva MG, Arf O, Alves MC, Buzetti S (2008) Sucessão de culturas e sua influência nas propriedades físicas do solo e na produtividade de feijoeiro de inverno irrigado, em diferentes sistemas de manejo do solo. **Bragantia** 67:335-347.

Silva TGF da, Moura MSB de, Zolnier S, Soares JM, Vieira VJ de S, Faria Júnior WG (2012) Requerimento hídrico e coeficiente de cultura da cana-de-açúcar irrigada no semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** 16:64-71.

Silveira HR de O, Santos MDO, Alves JD, Souza KRD de, Andrade CA, Alves RGM (2014) Growth effects of water excess on coffee seedlings (*Coffea arabica* L.). **Acta Scientiarum Agronomy** 36:211-218.

Silveira PM, Silva JH, Lobo Junior M, Cunha PCR (2011) Atributos do solo e produtividade do milho e do feijoeiro irrigado sob sistema integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 46:1170-1175.

Souza JA, Buzetti S, Teixeira Filho MCM, Andreotti M, Sá ME de, Arf O (2011) Adubação nitrogenada na cultura do milho safrinha irrigado em plantio direto. **Bragantia** 70:447-454.

Souza LSB de, Moura MSB de, Sediya GC, Silva TGF da (2015) Requerimento hídrico e coeficiente de cultura do milho e feijão-caupi em sistemas exclusivo e consorciado. **Revista Caatinga**, 28:151-160.

Souza S de S, Couto Júnior PA, Flôres J de A, Mingotte FLC, Lemos LB (2019) Maize cropping systems and response of common bean in succession subjected to nitrogen fertilization. **Pesquisa Agropecuária Tropical** 49:1-11.

Telhado SFP (2007) **Desempenho e produtividade de milho em consórcio com adubos verdes em sistema orgânico de produção**. 122 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

Thorntwaite CW, Mather JR (1955) **The water balance**. Centerton: Drexel Institute of Technology, 104 p.

Tiritan, CS (2001) **Alterações dos atributos químicos do solo e resposta do milho à calagem superficial e incorporada em região de inverno seco**. 108 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu.

Tracy BF, Zhang Y (2008) Soil compaction, corn yield response, and soil nutrient pool dynamics within an integrated crop-livestock system in Illinois. **Crop Science** 48:1211-1218.

USDA - United States Department of Agriculture (2020) World Agricultural Production. Foreign Agricultural Service/USDA Global Market Analysis, Circular Series WAP 2-20. Disponível em: <<https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/production.pdf>>. Acesso em: 1 de março de 2020

Wang K-H, Sipes BS, Schmitt DP (2002) Crotalaria as a cover crop for nematode management: a review. **Nematropica** 32:35-57.

Weber JF, C Kunz, GG Peteinatos, S Zikeli, Gerhards R (2017) Weed control using conventional tillage, reduced tillage, no-tillage, and cover crops in organic soybean. **Agriculture** 7:43-55.

Wutke EB, Calegari A, Wildner L do P (2014) Espécies de adubos verdes e plantas de cobertura e recomendações para seu uso. In: Lima Filho OF de, Ambrosano EJ, Rossi F, Carlos JAD (Eds.) **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: Fundamentos e prática**. Brasília: Embrapa, p. 451-477.