

**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

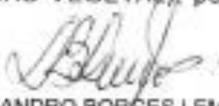
TÍTULO DA TESE: SISTEMAS DE CULTIVO E ADUBAÇÃO NITROGENADA EM COBERTURA NA CULTURA DO MILHO

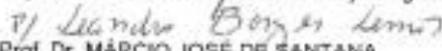
AUTORA: STEFANY SILVA DE SOUZA

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


Prof. Dr. MÁRCIO JOSÉ DE SANTANA (VIDEOCONFERÊNCIA)
Departamento de Agronomia / IFTM - Uberaba/MG


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


Prof. Dr. ROGERIO FARINELLI (VIDEOCONFERÊNCIA)
Fundação Educacional de Barretos / UNIFEB - Barretos, SP


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⁻¹, 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⁻¹, 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_c) e evapotranspiração real (ET_r) para fases fenológicas da cultura do milho nos experimentos I e II em Jaboticabal, SP, Brasil. V_E-V₆: Emergência à sexta folha, V₇-V₁₀: Sétima à décima folha, V₁₀-V_t: Décima folha ao pendoamento, V_t: Pendoamento, R₁: Antese-Florescimento (fecundação), R₂: Grão leitoso, R₃: Grão pastoso, R₄ - M_F: 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_E-V₆: Emergência à sexta folha, V₇-V₁₀: Sétima à décima folha, V₁₀-V_t: Décima folha ao pendoamento, V_t: Pendoamento, R₁: Antese-Florescimento (fecundação), R₂: Grão leitoso, R₃: Grão pastoso, R₄ - M_F: 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 (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 agrônômica 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⁻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).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. ⁽¹⁾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⁻¹ 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⁻¹ no momento da semeadura e 140 kg ha⁻¹ 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 agrônomico 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 agrônomico 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.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Sistemas de cultivo sustentáveis

A busca incessante por produção em larga escala de alimentos é ligada, não raramente, à degradação de recursos naturais, como solo, reservas de água e diversidade genética natural. Isto porque, frequentemente, a monocultura visando maximizar a produção, promove a exploração extrema do solo, danificando-o desde a estrutura até a fertilidade. Além do mais, esta repetição de uma planta na mesma área favorece a disseminação de pragas e doenças (Gliessman, 2009). Dessa forma, desenvolve-se um ciclo de aplicações excessivas de fertilizantes e agrotóxicos na produção agrícola, o que aliado à vulnerabilidade do solo sem cobertura vegetal à ocorrência de erosão, agrava ainda mais a situação ambiental (Boer et al., 2007).

A agricultura pode, assim, se tornar insustentável a longo prazo, com a eliminação de condições que atualmente a torna possível (Gliessman, 2009). Entretanto, para remediar este cenário, a implantação de práticas sustentáveis de cultivo é medida fundamental, tanto é que se tornou uma das ações da Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU) para um mundo melhor. Nesta, até o ano de 2030, preconiza-se garantir sistemas sustentáveis de produção de alimentos, a fim

de aumento de produtividade agrícola com conservação dos ecossistemas e melhorias da qualidade do solo, além de adaptação às mudanças climáticas (ONU, 2020).

No contexto de sustentabilidade, enquadram-se os sistemas de cultivo conservacionistas, os quais objetivam a formação de um complexo de populações de culturas, organismos e microrganismos, que por diversas transformações no ambiente, permitem produzir alimentos com redução da poluição ambiental e de insumos externos (Gliessman, 2009) ou, simplesmente, o cultivo adequado através da conservação do meio ambiente (Alves et al., 2015).

As plantas de cobertura possuem papel importante nos sistemas conservacionistas. O cultivo delas propicia benefícios nos atributos físicos, químicos e biológicos do solo, com melhoria da estrutura (Silveira et al., 2011), ciclagem de nutrientes (Pacheco et al., 2013), adição de matéria orgânica e colonização de microrganismos (Schipanski et al., 2014), além de aumentar o aproveitamento da água do ambiente (Pacheco et al., 2011) e até contribuir com a sanidade dos sistemas de produção através de supressão física de plantas daninhas (Martins et al., 2016) e de conservação de insetos que controlam pragas agrícolas (Schipanski et al., 2014).

Estas espécies, também, viabilizam o sistema plantio direto (SPD) através do recobrimento do solo por restos culturais, o que associado às demais premissas do sistema, mínimo revolvimento da área agricultável e rotação de culturas, incrementa a produção agrícola com conservação do meio ambiente. O SPD protege a superfície do solo contra os agentes erosivos, mantendo a umidade e a estrutura, age na manutenção da temperatura do solo favorecendo o desenvolvimento das culturas (Silva et al., 2008) e promove a ciclagem e a disponibilidade de nutrientes (Boer et al., 2007; Marcelo et al., 2012).

Dentre as possibilidades de cultivo das plantas de cobertura, os sistemas consorciados são a alternativa mais sujeita à adoção pelos produtores rurais, visto que a modalidade permite a associação destas plantas promissoras ecologicamente às atividades agrícolas, sem perder a safra e as condições naturais de vegetação nos períodos chuvosos (Telhado, 2007). A prática que tem sido considerada como a quarta revolução verde, devido à grande importância na intensificação da agricultura com sustentabilidade (Martin-Guai et al., 2018), pode ser estabelecida com

semeaduras simultâneas, intervalada em alguns dias entre as espécies ou a partir da semeadura da cultura anual e da germinação das demais, por meio de sementes presentes no solo (Ceccon et al., 2013).

O fator primordial que deve ser considerado na consorciação de culturas é a competição entre as plantas por recursos do meio, aspecto este, que varia em virtude de espécie intercalar, população de plantas, época de semeadura, quantidade de água e nutrientes disponíveis e espaçamento utilizado (Ceccon et al., 2013). Dessa forma, o sucesso deste sistema é dependente da correta escolha das culturas e o manejo realizado.

2.2 A cultura do milho em sistemas de consórcio de culturas

O milho (*Zea mays* L.) é uma das culturas preferidas, em relação às anuais, no cultivo consorciado com plantas de cobertura (Silva et al., 2004). O cereal que está no topo de relevância comercial do mundo, cultivado em quase todos os continentes e utilizado na alimentação animal e até em indústrias de alta tecnologia (Paes, 2006), tem como maiores produtores os Estados Unidos, China e Brasil. Entretanto, embora a grande produção da China, o consumo interno supera a quantidade produzida, o que torna os outros dois países líderes no abastecimento mundial do grão (USDA, 2020).

O Brasil exerce, então, papel fundamental na cadeia produtiva da cultura, por meio do cultivo em todos os estados ao longo de 3 safras anuais. A produção total no ano agrícola 2018/2019 foi maior que 100 milhões de toneladas, em 17,5 milhões de hectares, com produtividade de grãos em torno de 5,7 t ha⁻¹. Considerando apenas a primeira safra, a de verão, a produção do país foi de 25,6 milhões de toneladas, na área correspondente a 4,1 milhões de hectares, gerando a produtividade de grãos de 6,25 t ha⁻¹. A contribuição do estado de São Paulo, nesta safra, foi maior que 2 milhões de toneladas, em quase 351 mil hectares, com a produtividade de grãos de 5,6 t ha⁻¹ (CONAB, 2020).

Diante de tamanha importância econômica e social da cultura, é imprescindível cultivá-la com sustentabilidade. Circunstância que, aliado à vantagem competitiva que a planta apresenta em razão do porte alto, rápido crescimento inicial e elevada capacidade de interceptação da radiação fotossinteticamente ativa ao longo de seu

dossel, contribui para a predileção em sistemas de consórcios (Oliveira et al., 2010; Kappes e Zancanaro, 2015).

As características que permitem que o milho sobressaia quanto à espécie cultivada simultaneamente são importantes em sistemas sustentáveis. Entretanto, não anula o fato de que atributos favoráveis ao consórcio pelas plantas de cobertura também precisam ser levados em consideração ao compor o sistema de produção. Estas espécies devem interferir o menos possível na condução da cultura agrícola, alterando pouco o cronograma dos produtores, bem como ser de baixo custo e não necessitar de equipamentos distintos na implantação (Pariz et al., 2011).

Neste sentido, as braquiárias têm sido amplamente utilizadas (Borghetti et al., 2013; Pariz et al. 2011). Pertencentes à família *Poaceae* e ao gênero *Urochloa*, estas plantas promovem melhorias no solo com aumento de teores de matéria orgânica e melhoria nas propriedades físicas do solo (Silveira et al., 2011). Contribui também com a diminuição do uso de herbicidas e fungicidas ao auxiliar no controle de plantas daninhas e reduzir inóculos de fungos patogênicos no solo (Costa e Rava, 2003; Lemos et al., 2015; Costa et al., 2016). Além disso, possuem custo relativamente baixo de sementes, rusticidade e fácil controle com herbicidas.

No consórcio com o milho, além disso, as braquiárias se destacam por se adaptarem ao sombreamento promovido pelo rápido desenvolvimento do cereal no início do ciclo. Nesta situação, estas plantas reduzem o crescimento das raízes e aumentam o da área foliar, produzindo-se elevada quantidade de palhada para o sistema plantio direto (SPD), ou ainda, tornam-se forragem ao permitir a integração lavoura pecuária (ILP) (Jakelaitis et al., 2006).

A produção de grãos de milho aliada à de palhada para o SPD e/ou formação de pastagem para animais com a braquiária, caracteriza o Sistema Santa Fé, tecnologia de consórcio de culturas graníferas com forrageiras da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) (Kluthcouski et al., 2000). Dentre os benefícios alcançados com este sistema, ressaltam-se a diversificação da renda, baixo custo de implantação, melhor aproveitamento de máquinas e implementos agrícolas, controle de plantas daninhas, aumento da produtividade das culturas, recuperação de áreas degradadas, redução dos custos de produção e uso intensivo da área com sustentabilidade (Gomes Júnior et al., 2008; Tracy e Zhang, 2008;

Crusciol et al., 2012).

Diversos estudos demonstram o sucesso do consórcio de milho e braquiária em variadas condições (Ceccon et al., 2013; Kichel et al., 2018). Mas, a particularidade que faz com que estas gramíneas se destaquem é a alta produtividade de palhada que persiste sobre o solo por um longo período, devido alta relação C/N (Tiritan, 2001; Silveira et al., 2011). Necessitando de pelo menos 7 t ha⁻¹ de palhada para o sucesso do SPD no cerrado (Aidar et al., 2007), salienta-se que este passou a ser realizado com eficiência e qualidade, com a utilização da *Urochloa ruziziensis* como planta de cobertura (Ceccon, 2007). Esta espécie possui menor formação de touceira e fácil dessecação com herbicidas (Franchini et al., 2014).

Embora a alta relação C/N da palhada das braquiárias seja benéfica em certas situações, quando se trata da dinâmica no N é um fator desfavorável. Uma vez que para decomposição dos restos culturais torna-se necessário captar o nutriente do meio, ocorrendo imobilização microbiana do N, o que pode acarretar em deficiência nutricional para os cultivos sobre a palhada (Bengtsson et al., 2003). Em alternativa a esta questão, destaca-se a utilização das leguminosas, cujas plantas pertencem à família *Fabaceae*, e por possuírem restos culturais de baixa relação C/N (Wutke et al., 2014), são de decomposição de forma contrária às braquiárias.

Os restos culturais das leguminosas decompõem-se mais rapidamente e, assim também, ocorre a mineralização com conseqüente fornecimento dos nutrientes aos cultivos em sucessão (Souza et al., 2019). Isto ocorre, uma vez que as leguminosas se associam a microrganismos capazes de fixar biologicamente o N elementar da atmosfera, fornecendo à planta hospedeira, a qual insere o nutriente ao solo por meio de exsudatos radiculares (Murrel et al., 2017) e após sua decomposição. Assim, estes motivos as tornam adubos verdes (Marcelo et al., 2012), ao favorecerem a fertilidade do solo (Primavesi, 2002).

Dentre as leguminosas utilizadas como plantas de cobertura, as do gênero *Crotalaria* apresentam-se vantajosas. A *Crotalaria spectabilis*, por exemplo, pode fornecer até 160 kg ha⁻¹ de N (Calegari e Carlos, 2014), refletindo em economia com fertilizantes nitrogenados, promovendo grande rendimento por área. Além disso, há melhorias da qualidade do solo, principalmente devido ao aumento do teor de matéria

orgânica, à maior disponibilidade de nutrientes e à capacidade de troca de cátions (CTC) efetiva do solo (Sagrillo et al., 2009).

Outros fatores que a crotalária influencia são auxílio no controle de nematoides por possuírem mecanismos de redução do parasitismo (Wang et al., 2002) e capacidade de produção de palhadas diversificadas para o SPD (Oliveira et al. 2010; Kappes e Zancanaro, 2015). Neste aspecto, entretanto, conforme decomposição da palhada de forma mais rápida, reduzindo a proteção do solo, torna-se 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).

O consórcio do milho com a crotalária também caracteriza uma tecnologia da EMBRAPA, denominado de Sistema Santa Brígida. A técnica consiste na inserção de adubos verdes nos sistemas de produção, para aumento do aporte de nitrogênio no solo, sem prejudicar a produtividade da cultura principal (Oliveira et al., 2010). Com este sistema, além da melhoria na fertilidade do solo, há diversificação da palhada para o SPD, maior produção de matéria seca em relação ao cultivo isolado de cada espécie, maior eficiência na utilização da água e dos nutrientes do solo, devido à exploração do solo por diferentes sistemas radiculares (Oliveira et al., 2010; Collier et al., 2011; Gerlach et al., 2019).

2.3 Adubação nitrogenada para o milho em sistemas de consórcio

O nitrogênio (N) é o nutriente requerido em maiores quantidades por quase todas as culturas, inclusive o milho, cujo fornecimento inadequado é um dos principais fatores limitantes de produção (Borém et al., 2015). Porém, diretamente proporcional à importância é a complexidade da dinâmica do nutriente. Isto porque, embora amplamente encontrado na natureza na forma elementar, necessita passar por processos de fixação atmosférica, biológica ou industrial para a transferência ao solo, onde é absorvido pelas plantas em forma de amônio (NH_4^+) e nitrato (NO_3^-) ou incorporado à matéria orgânica do solo, sendo sujeito a perdas por lixiviação, volatilização da amônia, desnitrificação e erosão (Raij, 2011).

As fixações atmosféricas ou biológicas ocorrem naturalmente e, estima-se que esta última fornece até 170 kg ha^{-1} de N por ano para a biosfera (Prado, 2008).

Entretanto, a forma amplamente utilizada para o fornecimento do nutriente é através dos fertilizantes, os quais são produzidos na fixação industrial com grande gasto de energia (Buchanan et al., 2000), possuem alto custo, baixa eficiência e caráter poluidor, se manejado incorretamente (Amado et al. 2000; Corsini e Cassiolato, 2015). Sendo assim, o fornecimento de N às culturas é um processo difícil, ainda mais que para altas produtividades têm sido exigidas doses exorbitantes.

Em um sistema de cultivo sustentável, é importante a articulação com a dinâmica do N. Para a cultura do milho, a quantidade recomendada, visando máxima produção é de até 30 e 140 kg ha⁻¹ no momento da semeadura e na adubação de cobertura, respectivamente, conforme recomendações técnicas do Estado de São Paulo (Rajj e Cantarella, 1997). Sendo esta referência para a monocultura, quando se trata dos sistemas consorciados, entretanto, não há informações estabelecidas, fazendo-se necessária a adequação do incremento de N para o milho cultivado simultaneamente à braquiária e à crotalária.

Uma vez que o aumento de plantas eleva o requerimento de nutrientes, justifica-se o aumento do incremento de nitrogênio para a cultura do milho em consórcio, comparada à quando cultivada exclusivamente. Além disso, a competição interespecífica em um consórcio pode ser atenuada pelo aumento da aplicação de fertilizantes (Bitew et al., 2020).

Quando a consorciação ocorre com a braquiária, embora alguns autores alegam que esta espécie não afeta a dinâmica dos nutrientes para o milho simultâneo (Oliveira et al., 2019), a maioria dos estudos demonstram que a adição de altas doses de N via adubação promovem respostas positivas para a cultura em relação à produtividade de grãos.

Almeida et al. (2017) verificaram que a produtividade de grãos de milho foi afetada com o fornecimento inferior a 100 kg ha⁻¹ de N, para a cultura em consórcio com *Urochloa ruziziensis* em comparação ao cultivo exclusivo, ao estudarem as doses correspondentes à 0, 50, 100, 150 e 200 kg ha⁻¹ de N. Batista et al. (2019) avaliaram as doses 0, 30, 60 e 90 kg ha⁻¹ de N para a adubação de cobertura do milho em consórcio com *Urochloa ruziziensis* e concluíram que o aumento do nutriente elevou a produtividade de grãos.

O consórcio do milho com a crotalária, por outro lado, em virtude da FBN beneficiar as leguminosas, atribui-se a necessidade de menores doses de N para o suprimento do milho. Isto ocorre devido ao cereal possuir raízes mais extensas que a leguminosa, o que torna a cultura mais competitiva em relação aos fatores abióticos, como nutrientes, assim a crotalária sobrevive com o N da FBN e absorve pouco do solo (Carr et al., 2004).

Oliveira et al. (2010) verificaram que o consórcio do milho com a *Crotalaria spectabilis* apresenta menor produtividade de grãos em relação ao cultivo exclusivo do cereal, na ausência da adubação nitrogenada de cobertura e no fornecimento de 90 kg ha⁻¹ de N. Embora a constatação destes autores, verifica-se que são escassos os estudos que atribuem a dose necessária do nutriente para o cereal em consórcio com a leguminosa.

Dada a importância que o nutriente exerce nos processos bioquímicos da cultura do milho (Fornasieri, 2007) e a falta de informações catalogadas sobre a quantidade, o comportamento do N para a cultura em consórcio, são necessárias pesquisas para estabelecimento da quantidade satisfatória para a nutrição do milho com a braquiária e com a crotalária.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e caracterização da área experimental

Durante a primeira safra dos anos agrícolas 2016/17 e 2017/18 foram conduzidos, respectivamente, os experimentos I e II. Ambos os experimentos foram conduzidos na mesma área, situada na Fazenda de Ensino Pesquisa e Extensão da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, em Jaboticabal, São Paulo, Brasil (21° 14' 59" S, 48°17' 13" W e 565 metros de altitude).

O clima do local é do tipo Aw, caracterizado como tropical úmido, com estação chuvosa no verão e seca no inverno, segundo classificação de Köppen (Rolim et al., 2007). O solo é do tipo Latossolo Vermelho eutroférico de textura argilosa (Santos et al., 2013a), apresentando 540 g kg⁻¹ de argila, e foi cultivado anteriormente com milho no sistema de preparo convencional, sendo mantido em pousio até instalação dos experimentos.

3.2 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado nos experimentos I e II foi em blocos ao acaso, no esquema de parcelas subdivididas, com 4 repetições. As parcelas foram constituídas por três sistemas de cultivo (milho exclusivo, milho consorciado com braquiária e milho consorciado com crotalária) e as subparcelas foram quatro doses de N (0, 70, 140 e 210 kg ha⁻¹), aplicadas a lanço e em cobertura no estágio V₆ da cultura do milho. O adubo utilizando como fonte do nutriente foi ureia revestida com polímeros Kimcoat, com 44% de N. Este revestimento faz com que a liberação do nutriente seja gradativa, minimizando as perdas por volatilização e lixiviação (Reis Junior, 2007). Cada subparcela foi constituída de cinco linhas de milho de 10 m de comprimento e espaçadas a 0,45 m, perfazendo área total de 22,5 m². Consideraram-se como área útil as três fileiras centrais, desprezando-se 0,5 m nas extremidades.

3.3 Implantação e condução do experimento

Antes da instalação dos experimentos foram determinadas as características químicas na camada 0,00 – 0,20 m (Tabela 1).

Tabela 1. Atributos químicos do solo da camada 0,00-0,20 m verificados antes da instalação do experimento. Jaboticabal, SP, Brasil.

Ano	pH ⁽¹⁾	MO g dm ⁻³	P ⁽²⁾ mg dm ⁻³	K ⁺ -----	Ca ⁺² mmol _c dm ⁻³	Mg ⁺² -----	H+Al	SB	CTC	V%
Experimento I	5,1	23	47	3,5	34	14	37	51	88	58
Experimento II	5,4	27	72	5,8	42	21	34	69	103	67

⁽¹⁾pH CaCl₂ ⁽²⁾P resina

Realizou-se o preparo convencional do solo em ambos experimentos, com aração, grade aradora e niveladora, tendo os restos culturais do experimento I incorporados ao solo por estas operações. Além disso, aplicou-se 2 t ha⁻¹ de calcário dolomítico com 90% de PRNT, antecedendo ao experimento II.

A semeadura dos sistemas de cultivo foi realizada da mesma forma nos dois experimentos. As plantas de cobertura foram distribuídas a lanço, utilizando-se 20 kg

ha⁻¹ de *Crotalaria spectabilis* e 15 kg ha⁻¹ de sementes de *Urochloa ruziziensis*. Em seguida, através de uma semeadora-adubadora, os híbridos de milho foram semeados no local, o que acarretou a deposição de solo sobre as sementes das plantas de cobertura.

As semeaduras dos sistemas de cultivo ocorreram nos dias 22/11/2016 e 07/11/2017 para os experimentos I e II, respectivamente. No primeiro, utilizou-se o híbrido de milho DOW 2B710 PW, de ciclo precoce, na população de 60 mil plantas ha⁻¹, enquanto no segundo, o híbrido utilizado foi o DOW 2B810 PW, de ciclo normal, com densidade populacional de 88 mil plantas ha⁻¹.

A adubação do milho ocorreu nos sulcos de semeadura e as doses de nutrientes foram calculadas de acordo com as características químicas do solo e as recomendações de Raij e Cantarella (1997), sendo utilizados 20 e 25 kg ha⁻¹ de N, 70 e 89 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 40 e 51 kg ha⁻¹ de K₂O para o experimento I e II, respectivamente. A adubação em cobertura foi realizada no estágio V₆ da cultura, no dia 24/12/2017 para o primeiro experimento, e 28/11/2017 para o segundo, com as doses de N e 45 kg ha⁻¹ de K₂O, utilizando como fonte o cloreto de potássio.

As plantas foram cultivadas em condições de sequeiro, porém no primeiro e no segundo dia de semeadura do milho do experimento I, realizaram-se irrigações por aspersão convencional, com lâminas de 10 mm, para estabelecimento das plantas. Quando necessários, os tratos culturais referentes ao controle de pragas e doenças foram realizados mediante monitoramento. O manejo químico de plantas daninhas ocorreu no sistema com milho exclusivo, aos 25 dias após emergência da cultura, utilizando o herbicida glifosato potássico na dose de 2.500 g ha⁻¹ de i.a. nos dois experimentos. As colheitas do milho foram realizadas mecanicamente em 16/04/2017 e 06/04/2018 para os experimentos I e II, respectivamente.

3.4 Caracterização climática no período

Ao longo dos experimentos, registraram-se os dados meteorológicos apresentados na Figura 1. No experimento I, as médias de temperaturas máximas e mínimas foram 31,1 e 19,4 °C, respectivamente, e a precipitação acumulada de 761,6 mm. No experimento II, as médias das temperaturas máximas e mínimas foram de 30,5 e 19,5 °C, respectivamente, e precipitação acumulada de 760,4 mm.

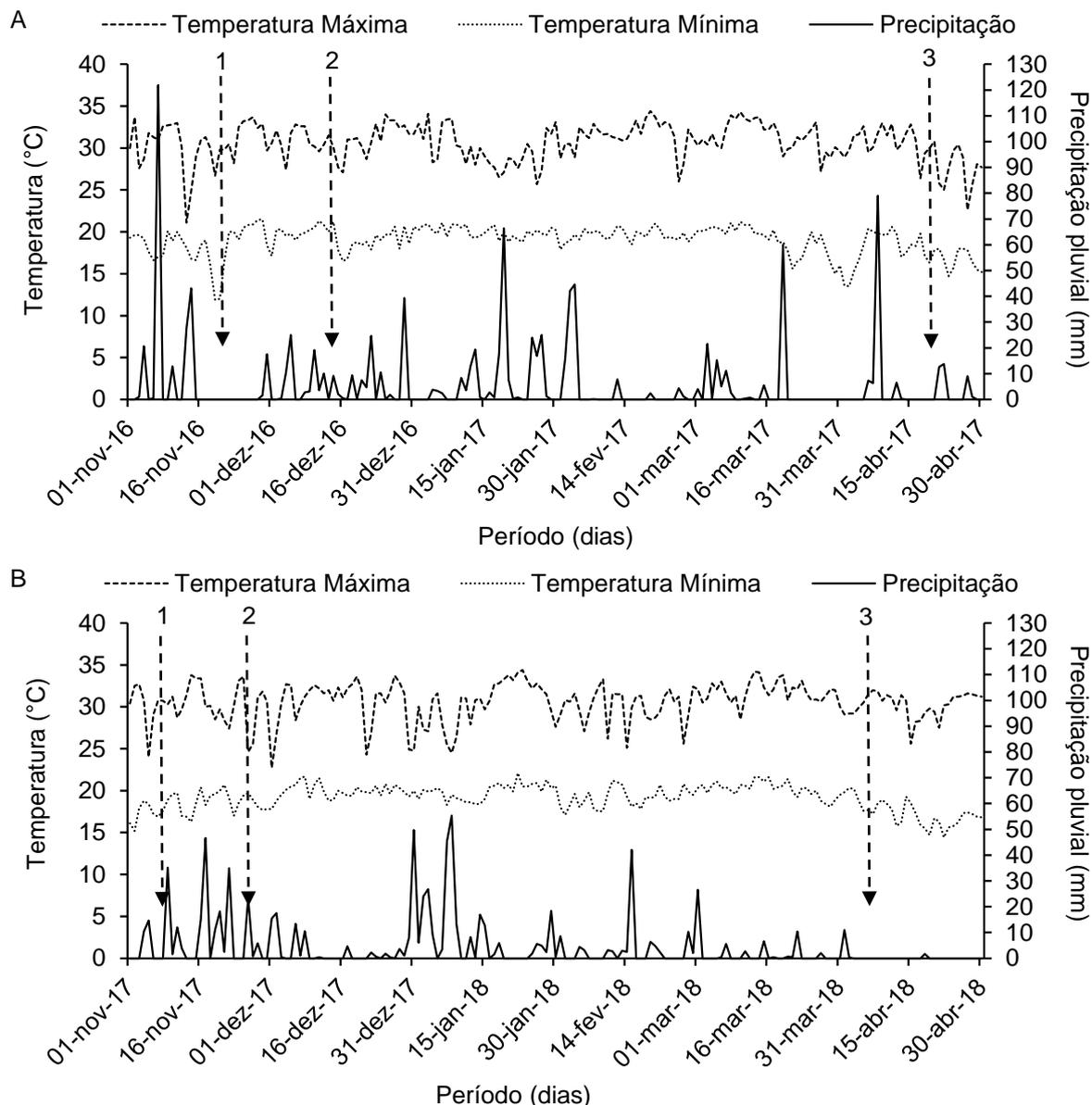


Figura 1. Temperatura máxima e mínima do ar (°C) e precipitação pluvial (mm), durante o período experimental. As marcações indicam épocas de semeaduras do milho e plantas de cobertura (1), adubação nitrogenada de cobertura (2) e colheita (3) do milho exclusivo e consorciado, nos experimentos I (A) e II (B), em Jaboticabal, SP, Brasil. Fonte: Estação Agroclimatológica Departamento de Ciências Exatas da FCAV/Unesp–Câmpus de Jaboticabal.

De posse dos dados climáticos, realizou-se o balanço hídrico para a cultura do milho nos dois experimentos, conforme apresentado nas Figuras 2 e 3, segundo metodologia de Thornthwaite e Mather (1955). Este foi caracterizado a partir de fases de desenvolvimento da cultura do milho e, para isto, determinou-se a duração dos estádios fenológicos da emergência à maturidade fisiológica, através de observação

diária do experimento e somatório da exigência térmica conforme Ometto (1981). No balanço hídrico, contabilizaram-se os 20 mm irrigados como precipitação em 2016/17; a capacidade de água disponível (CAD) considerada foi 100 mm (Pereira et al., 2007); a evapotranspiração potencial ou de referência foi estimada conforme Método de Penman-Monteith FAO 56 (Allen et al., 1998); e para evapotranspiração de cultura, utilizaram-se os coeficientes de cultura propostos por Doorenbos e Kassam (1979).

Nos experimentos I e II, respectivamente, a cultura do milho apresentou evapotranspiração de cultura de 290 e 331 mm da emergência até a maturidade fisiológica, variando de 0,00 a 5,31 e de 0,07 a 5,08 mm dia⁻¹ entre dias de menores e maiores necessidades hídricas (Figura 2). O déficit hídrico acumulado durante o ciclo da cultura foi de 28 mm no experimento I, compreendendo inteiramente a fase R₃ e atingindo períodos de V₁₀ - V_T, V_T, R₁, R₂ e R₄ - MF (Figura 3A), enquanto no experimento II, o déficit hídrico acumulado foi de 34 mm, e as fases completamente conduzidas sob déficit hídrico foram V₁₀ - V_T, R₂ e R₃, e houve alguns dias de falta de água em V_T e R₄ - MF (Figura 3B).

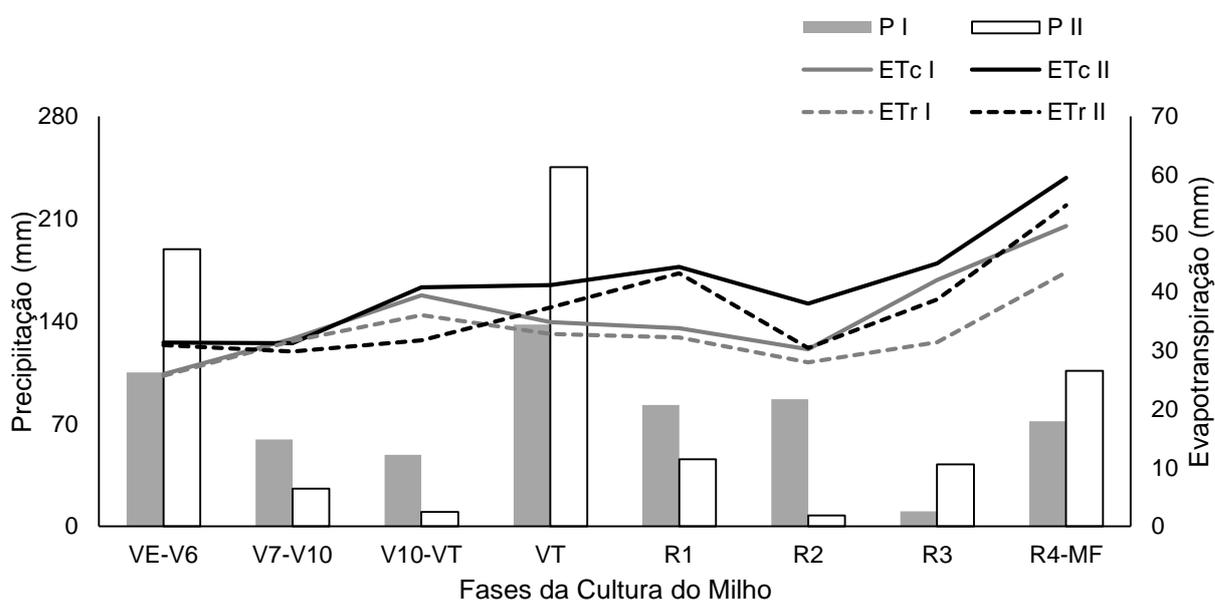


Figura 2. Precipitação pluvial (P), evapotranspiração de cultura (ETc) e evapotranspiração real (ETr) para fases fenológicas da cultura do milho nos experimentos I e II em Jaboticabal, SP, Brasil. VE-V₆: Emergência à sexta folha, V₇-V₁₀: Sétima à décima folha, V₁₀-V_T: Décima folha ao pendoamento, V_T: Pendoamento, R₁: Antese-Florescimento (fecundação), R₂: Grão leitoso, R₃: Grão pastoso, R₄ - MF: Grão farináceo-Maturidade fisiológica.

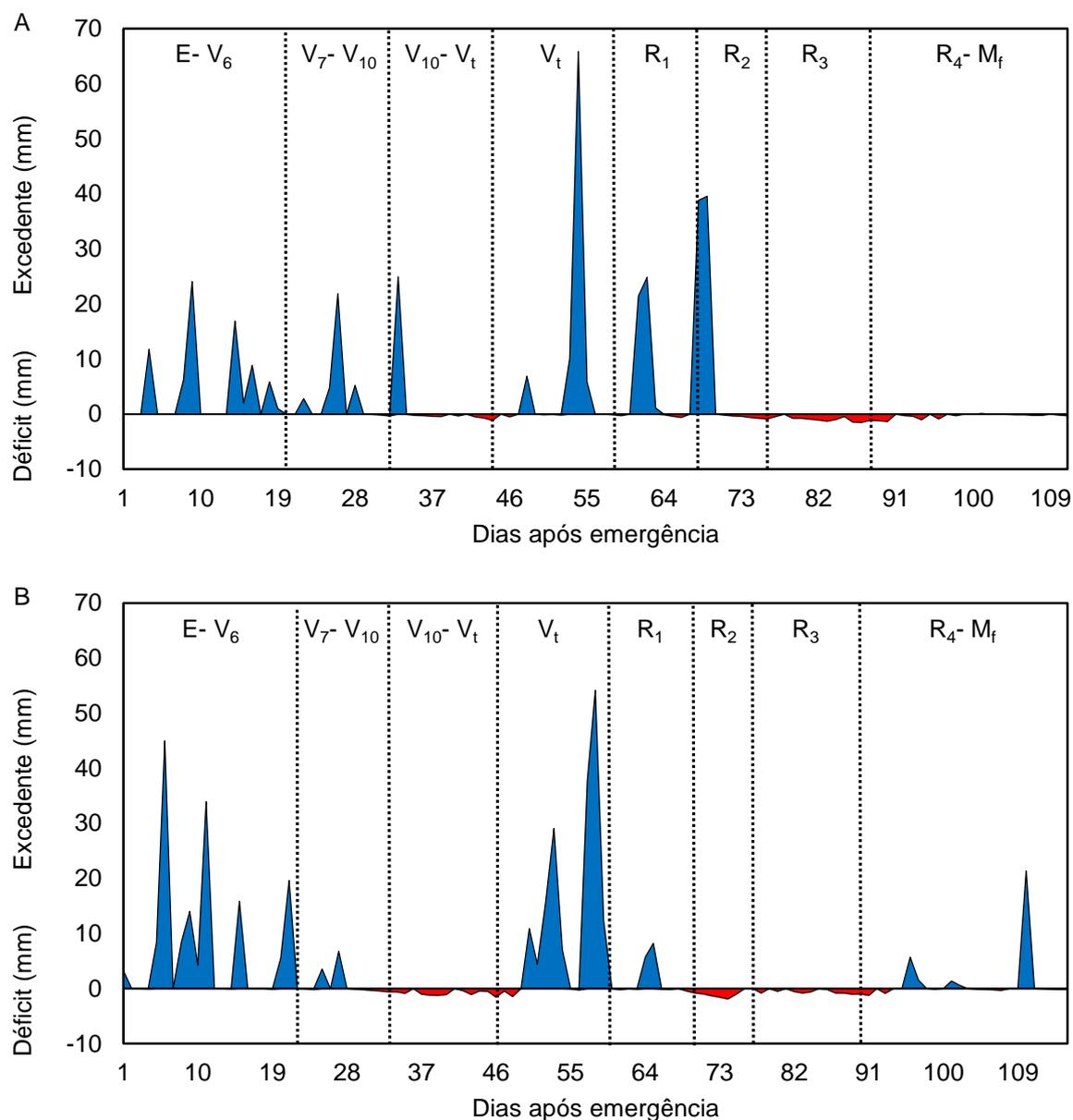


Figura 3. Extrato do balanço hídrico sequencial considerando os dias após a emergência até a maturidade fisiológica da cultura do milho nos experimentos I (A) e II (B) em Jaboticabal, SP, Brasil. VE-V₆: Emergência à sexta folha, V₇-V₁₀: Sétima à décima folha, V₁₀-V_t: Décima folha ao pendoamento, V_t: Pendoamento, R₁: Antese-Florescimento (fecundação), R₂: Grão leitoso, R₃: Grão pastoso, R₄ - M_F: Grão farináceo-Maturidade fisiológica.

Estes resultados (Figuras 2 e 3) refletem apenas o constatado no cultivo exclusivo, sendo que devido a existência de um complexo de plantas nos consórcios, acarretando em maior biomassa e, conseqüentemente, maior transpiração, o requerimento de água do sistema de cultivo consorciado se eleva, pois, a necessidade

hídrica aumenta em função da área foliar (Silva et al., 2012). Dessa maneira, a realidade nos sistemas de consórcios de cultura é que o déficit hídrico ocorre com maior intensidade, e o excedente, por outro lado, é amenizado.

3.4 Avaliações

No cultivo exclusivo e consorciado para ambos experimentos, determinaram-se:

a) Teor de nitrogênio foliar (g kg^{-1}): durante o florescimento (estádio R_1) da cultura do milho, avaliou-se com a coletado terço médio sem a nervura central de dez folhas, localizadas abaixo e do lado oposto à espiga principal, em dez plantas por subparcela (Cantarella et al., 1997). As amostras foram lavadas com água corrente e detergente a 1 mL L^{-1} , secas em estufa com circulação forçada de ar a $65 - 70 \text{ }^\circ\text{C}$, e em seguida foram processadas em moinho tipo Wiley para determinar o teor de N, segundo método semi-micro Kjeldahl (Carmo et al., 2000);

b) Diâmetro do colmo (mm): foi obtido por meio de um paquímetro digital, em 5 plantas por subparcela, o diâmetro no segundo entrenó acima do solo, no final do ciclo da cultura;

b) Altura de plantas (m): por ocasião da maturidade fisiológica da cultura do milho, foi mensurada em 5 plantas por subparcela a distância do nível do solo até a folha bandeira, com o auxílio de uma régua graduada;

c) Altura de inserção da espiga principal (m): Determinou-se a partir do comprimento do nível do solo até a espiga principal, com uma régua graduada, em 5 plantas por subparcela na maturidade fisiológica da cultura do milho;

Por ocasião da colheita do milho, coletaram-se 10 espigas ao acaso para determinar:

d) Diâmetro de espiga (mm): obtido com o paquímetro digital na região central da espiga;

e) Comprimento de espiga (cm): com o auxílio de uma régua graduada;

f) Número de fileiras por espiga (n°): determinado a partir da contagem do número de fileiras na região central de cinco espigas por subparcela;

g) Número de grãos por fileiras (n°): obteve-se com a média de número de grãos contados em duas fileiras, em cinco espigas por subparcela;

f) Número de grãos por espiga (n°): determinou-se pelo produto do número de fileiras e número de grãos por fileiras da espiga;

g) Massa de espiga (g): foi obtida pela média da massa das 10 espigas, corrigidas a $0,13 \text{ g g}^{-1}$ de umidade;

h) Massa de mil grãos (g): por meio da média da massa de quatro amostras de 1000 grãos de milho, corrigidas a $0,13 \text{ g g}^{-1}$ de umidade;

i) Produtividade de grãos de milho (t ha^{-1}): foi obtida mediante a colheita manual das espigas da área útil em cada subparcela, as quais foram trilhadas mecanicamente; os grãos obtidos foram pesados e o valor corrigido para $0,13 \text{ g g}^{-1}$ de umidade.

j) Eficiência agronômica (kg kg^{-1}): foi definida de acordo com o método descrito por Fageria, Melo e Oliveira (2013), utilizando-se a Equação 1:

$$EA = \frac{PG_{cf} - PG_{sf}}{QN_a} \quad (1)$$

em que:

PG_{cf} = produção de grãos com fertilizante nitrogenado (kg ha^{-1});

PG_{sf} = produção de grãos sem fertilizante nitrogenado (kg ha^{-1}); e

QNa = quantidade de N aplicado (kg).

Posteriormente à colheita do milho no experimento II, determinaram-se as seguintes variáveis relacionadas à palhada:

k) Produtividade de palhada (t ha^{-1}): os restos culturais correspondentes a cada subparcela foram coletados com o auxílio de um quadro com dimensões internas de $0,5 \text{ m} \times 0,5 \text{ m}$. Estas amostras foram lavadas e secas em estufa de ventilação forçada de ar a $65 - 70 \text{ }^\circ\text{C}$ até massa constante, para posterior pesagem e extrapolação da quantidade obtida para t ha^{-1} ;

l) Teor de N (g kg^{-1}): o material obtido para produtividade de palhada foi moído e o teor de N determinado pelo método semi-micro Kjeldahl (Carmo et al., 2000)

m) Acúmulo de N (kg ha^{-1}): obteve-se através do produto do teor de N pela produtividade da palhada.

3.5 Análises estatísticas

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F, e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade para o estudo dos sistemas de cultivo. Quanto ao efeito de doses de N e a interação destas com os sistemas de cultivo, efetuaram-se análises de regressão polinomial, optando-se pelos melhores modelos. Utilizou-se o programa estatístico Sisvar (Ferreira, 2011).

Além disso, devido à estrutura de dependência entre as variáveis, utilizou-se a estatística multivariada por componentes principais (CPs) para análise das variáveis agrônômicas do milho, em função dos fatores sistemas de cultivo e doses de N. Os dados foram padronizados, apresentando média nula e variância unitária. A seleção do número de CPs foi realizada com base no critério de Kaiser, utilizando-se aqueles com autovalores superiores a 1 (Kaiser, 1958). Para a análise multivariada, o programa estatístico utilizado foi o Statistica7.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Experimento I – Sistemas de cultivo de milho em função da adubação nitrogenada no ano agrícola 2016/17

Dentre os aspectos que caracterizam a diagnose nutricional e o crescimento da planta de milho (Tabela 2), o teor de N foliar, o diâmetro do colmo e a altura de plantas não variaram em relação aos sistemas de cultivo. O fato das plantas de milho não apresentarem ganhos na altura é benéfico, visto que plantas de milho muito altas são suscetíveis ao acamamento. A altura de inserção da espiga principal, por outro lado, foi maior no milho em consórcio com a crotalária, o que favorece a operação de colheita mecânica da cultura.

O teor de N foliar foi afetado diferentemente entre os sistemas de cultivo, quanto à adubação nitrogenada (Figura 4). A variável aumentou de forma quadrática até a dose de 144 kg ha⁻¹ de N no milho exclusivo, e linearmente nos demais sistemas de cultivo (Figura 4). Sendo assim, não se alcançou o valor máximo do teor do nutriente nas folhas com as doses estudadas para o consórcio com a crotalária e com a braquiária, elevando-se, respectivamente, 1,8 e 0,2 g kg⁻¹ no teor com o acréscimo de 10 kg ha⁻¹ do nutriente. Este aumento de N na folha, em função das doses, concorda com o encontrado na literatura, seja em SPD (Souza et al., 2011; Pivetta et al., 2019)

ou quando há preparo convencional do solo (Santos et al., 2013b). Isso se deve, pois a adubação nitrogenada promove maior disponibilidade de N na solução do solo, independentemente do sistema de preparo utilizado, favorecendo a absorção do nutriente pelas plantas.

O diâmetro do colmo (Figura 5) aumentou com o acréscimo das doses de N, e a cada 10 kg ha⁻¹ do nutriente adicionado, elevou-se aproximadamente 0,09 mm na espessura do colmo, concordando com o observado por Gonçalves et al. (2016) e Marini et al. (2015). Por se tratar de um órgão com função estrutural e de reserva, o maior diâmetro do colmo é vantajoso para evitar acamamento das plantas e contribuir com fotoassimilados translocados no enchimento de grãos (Brum et al. 2016).

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.

Tratamentos	TNF	DC	AP	AE
	g kg ⁻¹	mm	cm	cm
Sistemas de Cultivo (SC)				
M+B ⁽²⁾	27,20	20,55	229,78	126,24 b ⁽¹⁾
M+C ⁽³⁾	27,59	20,81	231,39	130,16 a
M ⁽⁴⁾	28,04	21,58	215,97	124,13 b
DMS (5%)	1,92	1,28	16,77	3,20
Teste F	0,92 ^{ns}	3,36 ^{ns}	4,81 ^{ns}	17,26 ^{**}
SC	0,92 ^{ns}	3,36 ^{ns}	4,81 ^{ns}	17,26 ^{**}
Doses de N (DN)	8,58 ^{**}	12,05 ^{**}	0,01 ^{ns}	0,29 ^{ns}
DNxSC	0,76 ^{ns}	0,58 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,67 ^{ns}
CV (%) - SC	6,43	5,62	6,85	2,32
CV (%) - DN	7,64	4,19	7,69	4,45
Média Geral	27,61	20,98	225,71	126,84

⁽¹⁾Letras diferentes correspondem à diferença significativa a 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$) pelo teste de Tukey. ^{**}Difere pelo teste F a 1% de probabilidade. ^{*}Difere pelo teste F a 5% de probabilidade. ^{ns} Não significativo. ⁽²⁾Milho consorciado com braquiária (*Urochloa ruziziensis*). ⁽³⁾Milho consorciado com crotalária (*Crotalaria spectabilis*). ⁽⁴⁾Milho exclusivo.

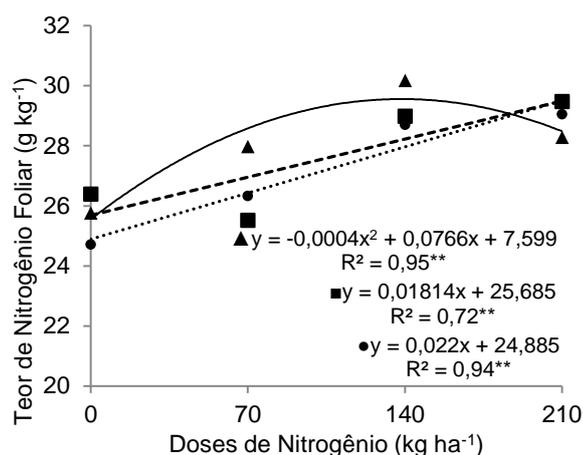


Figura 4. Teor de N foliar para a cultura do milho em função da interação entre sistemas de cultivo e doses de nitrogênio aplicadas em cobertura. Jaboticabal, SP, Brasil, 2016/2017. ▲ Milho exclusivo. ■ Milho consorciado com crotalária (*Crotalaria spectabilis*). ● Milho consorciado com braquiária (*Urochloa ruziziensis*).

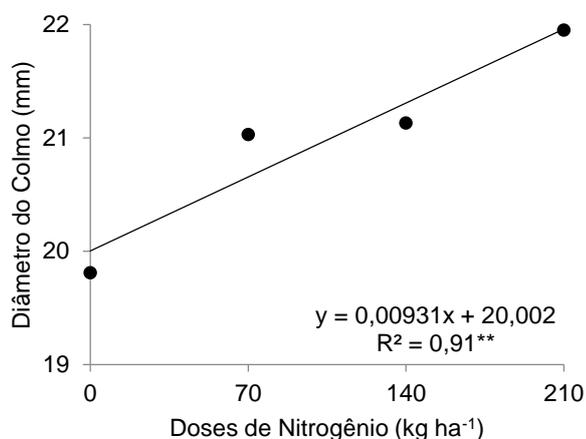


Figura 5. Diâmetro do colmo para a cultura do milho em função de doses de nitrogênio aplicadas em cobertura. Jaboticabal, SP, Brasil, 2016/2017.

Quanto às variáveis relacionadas à espiga e produtividade de grãos, os sistemas de cultivo interferiram apenas na massa de espiga e na produtividade de grãos (Tabela 3). Para ambas, o milho exclusivo apresentou maiores valores, enquanto no consórcio com a braquiária foram observados os menores valores. Este resultado pode ter sido influenciado pelo déficit hídrico ocorrido no estágio fenológico R1, a mais sensível ao déficit hídrico (Figura 3A), quando estresses ambientais,

principalmente hídrico, prejudicam a polinização e o enchimento de grãos da espiga (Magalhães e Murães, 2006). Sendo assim, uma vez que nos consórcios há intensificação de déficit hídrico em lavouras de sequeiro (Daniel et al., 2020), os danos quanto a estes processos foram maiores na presença da planta de cobertura, sobretudo a braquiária, a qual possui maior necessidade evapotranspirativa, prejudicando a massa da espiga e a produtividade de grãos.

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.⁽¹⁾

Tratamentos	DE	CE	NFE	NGF	NGE	ME	MGE	MM	PG
	mm	cm	n°	n°	n°	g	g	g	t ha ⁻¹
Sistemas de Cultivo (SC)									
M+B ⁽²⁾	53,98	12,72	20	29	558	185,50 b ⁽¹⁾	151,06	269,56	8,11 b
M+C ⁽³⁾	53,47	13,12	19	29	560	205,09 ab	146,34	265,15	8,8 ab
M ⁽⁴⁾	54,21	13,56	19	30	573	219,96 a	156,58	270,79	9,32 a
DMS (5%)	2,58	0,93	0,88	2,49	86,9	23,52	23,84	18,14	0,71
Teste F									
SC	0,41 ^{ns}	3,84 ^{ns}	2,64 ^{ns}	0,35 ^{ns}	0,16 ^{ns}	10,16*	0,87 ^{ns}	0,50 ^{ns}	13,75**
Doses de N (DN)	0,63 ^{ns}	1,26 ^{ns}	0,50 ^{ns}	3,05*	0,39 ^{ns}	1,90 ^{ns}	0,81**	1,84 ^{ns}	35,06**
DNxSC	0,16 ^{ns}	0,17 ^{ns}	0,90 ^{ns}	0,55 ^{ns}	0,24 ^{ns}	0,48 ^{ns}	0,6 ^{ns}	0,47 ^{ns}	14,11**
CV (%) - SC	4,42	6,52	4,18	7,86	14,21	10,66	14,53	6,23	7,50
CV (%) - DN	4,00	8,91	4,68	6,89	9,33	13,83	9,38	4,97	7,87
Média Geral	53,89	13,13	19	29	564	203,52	151,33	268,50	8,75

⁽¹⁾Letras diferentes correspondem à diferença significativa a 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$) pelo teste de Tukey. ^{**}Difere pelo teste F a 1% de probabilidade. ^{*}Difere pelo teste F a 5% de probabilidade. ^{ns}Não significativo. ⁽²⁾Milho consorciado com braquiária (*Urochloa ruziziensis*). ⁽³⁾Milho consorciado com crotalária (*Crotalaria spectabilis*). ⁽⁴⁾Milho exclusivo.

Em relação ao incremento de N na adubação de cobertura, houve aumento de forma quadrática para as variáveis comprimento de espiga (Figura 6A), número de grãos por fileira (Figura 6B) e massa de mil grãos (Figura 6D) até as doses de 151, 204 e 169 kg ha⁻¹ de N, respectivamente. Quanto ao número de grãos por espiga, o aumento foi linear, sendo que para cada 6 kg ha⁻¹ de N acrescentou-se 1 grão na espiga (Figura 6C). O N atua na síntese de proteínas, hormônios, clorofilas e outros

compostos importantes para o desenvolvimento das plantas, portanto, aspectos vegetativos e reprodutivos são beneficiados com o aumento do nutriente (Costa et al., 2014).

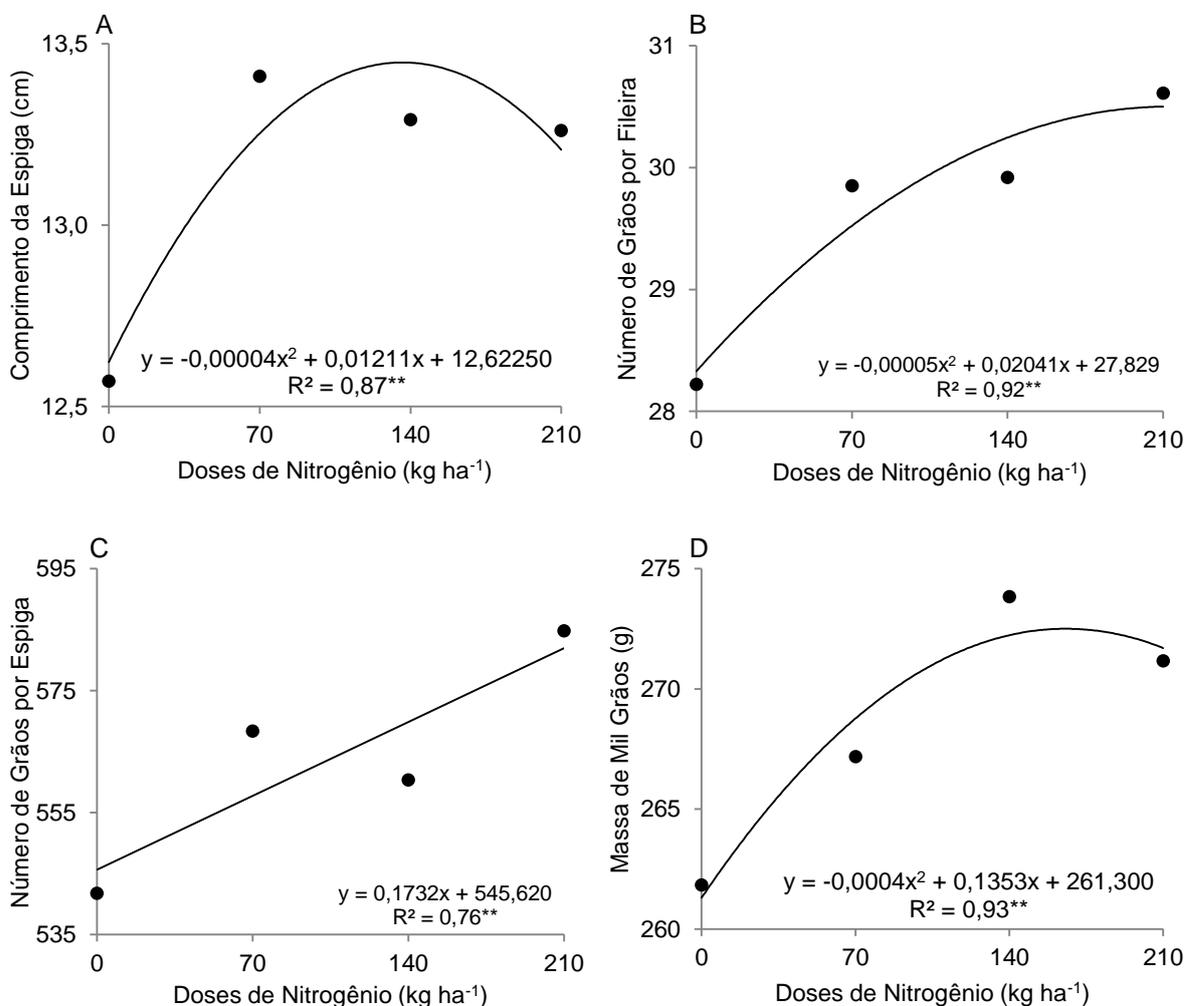


Figura 6. Comprimento da espiga (A), número de grãos por fileira (B), número de grãos por espiga (C) e massa de mil grãos (D) para a cultura do milho em função de doses de nitrogênio aplicadas em cobertura. Jaboticabal, SP, Brasil, 2016/2017.

Para a produtividade de grãos, observou-se diferença de resposta entre os sistemas de cultivo em função das doses de N (Figura 7). Houve aumento quadrático até 95 e 201 kg ha⁻¹ de N para o milho exclusivo e consorciado com a crotalária. Para o milho em consórcio com a braquiária, o incremento foi linear, elevando-se 150 kg ha⁻¹ para cada 10 kg ha⁻¹ de N adicionado.

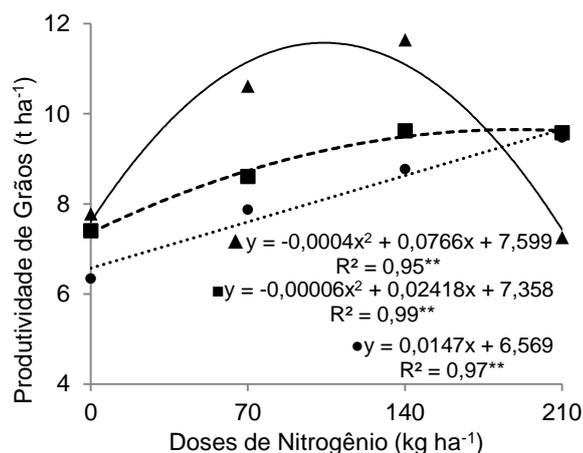


Figura 7. Produtividade de grãos para a cultura do milho em função da interação entre doses de N em cobertura e sistemas de cultivo. Jaboticabal, SP, Brasil, 2016/2017. ▲ Milho exclusivo. ■ Milho consorciado com crotalária (*Crotalaria spectabilis*). ● Milho consorciado com braquiária (*Urochloa ruziziensis*).

Assim, verifica-se que, para a produtividade de grãos, a adubação nitrogenada de cobertura no milho exclusivo neste estudo está de acordo com a recomendada por Rajj e Cantarella (1997), próximo a 100 kg ha^{-1} de N. Os consórcios, por outro lado, demandaram acréscimos na adubação nitrogenada em cobertura para a obtenção de produtividades máximas do milho. Isso ocorre, porque as plantas de cobertura foram semeadas simultaneamente ao milho e, no momento da adubação nitrogenada de cobertura, as plantas utilizadas no consórcio com o milho estavam estabelecidas e absorveram grande parte do N aplicado, enquanto no sistema de milho exclusivo, o N aplicado ficou disponível somente para a cultura.

Além disso, entre os sistemas consorciados, a presença da braquiária requer doses de N ainda maiores do que as da crotalária para a obtenção de produtividades máximas. Isto porque, além da exigência por N da gramínea ser superior ao da leguminosa, ela não apresenta contribuição da FBN para o fornecimento de N. Dessa maneira, o consórcio de milho com braquiária, quando semeados simultaneamente, deve apresentar adubação nitrogenada em cobertura com maiores doses de N em relação ao milho exclusivo ou, ainda, o parcelamento do N, aumentando a eficiência de adubação (Du et al., 2019).

Almeida et al. (2017) observaram que o milho consorciado com *Urochloa ruziziensis*, com semeadura simultânea, apresentou concorrência com o milho até a

dose de 100 kg ha⁻¹ de N. Entretanto, quando o consórcio ocorre simultaneamente à adubação nitrogenada em cobertura do milho, não há competição da forrageira com o milho pelos fatores abióticos, dentre eles o N (Borghetti et al., 2014). Alguns trabalhos demonstram que ocorre redução da produtividade do milho quando consorciado com braquiária e crotalária (Pariz et al., 2011; Crusciol et al., 2013; Cambaúva et al., 2019). Cambaúva et al. (2019) observaram que o consórcio de milho com *Crotalaria juncea* reduz a produtividade de grãos do milho. No entanto, para *Crotalaria spectabilis*, a mesma utilizada no presente estudo, a produtividade de grãos do milho foi igual ao cultivo exclusivo. De acordo com os autores, a redução da produtividade do milho consorciado com *Crotalaria juncea* se deve à maior competição dessa planta com o milho em comparação com a *Crotalaria spectabilis*, devido à sua maior altura.

Por análise multivariada de componentes principais (CPs) para as variáveis agrônomicas de milho, verificou-se que os dois primeiros CPs foram responsáveis por 66,64% da variabilidade total (Figura 8). As variáveis que mais discriminaram o CP1 e o CP2 estiveram relacionadas, respectivamente, ao desempenho produtivo e crescimento vegetativo do milho. O diâmetro do colmo (-0,92), comprimento de espiga (-0,84), número de grãos por espiga (-0,80), teor de nitrogênio foliar (-0,78), massa de espiga (-0,77), produtividade de grãos (-0,70), massa de mil grãos (-0,65) foram as correlacionadas ao CP1, denominado de desempenho agrônômico. Enquanto o CP2, denominado de crescimento da planta, foi caracterizado por altura de inserção da espiga principal (0,86) e altura de plantas (0,76).

As correlações diretas entre as variáveis com o CP1, demonstram relação do diâmetro do colmo com as variáveis de espiga e grãos, visto que colmos mais espessos indicam maior reserva de fotoassimilados e, conseqüentemente, proporcionam melhor desenvolvimento de grãos e espiga. Portanto, quanto maior o desempenho agrônômico do milho, maior a produtividade de grãos, diâmetro do colmo, diâmetro da espiga, número de grãos por espiga, massa de 1000 grãos, massa de espiga e comprimento de espiga.

A análise do gráfico biplot permitiu constatar que os sistemas de cultivo de milho exclusivo nas doses 70, 140 e 210 kg ha⁻¹ de N, milho consorciado com a crotalária na dose 140 e 210 kg ha⁻¹ e milho consorciado com a braquiária na dose 210 kg ha⁻¹ foram os que apresentaram maior desempenho. Esse fato confirma que a exigência

quanto à adubação nitrogenada é menor no milho exclusivo, intermediária no milho consorciado com crotalária e maior no milho consorciado com braquiária.

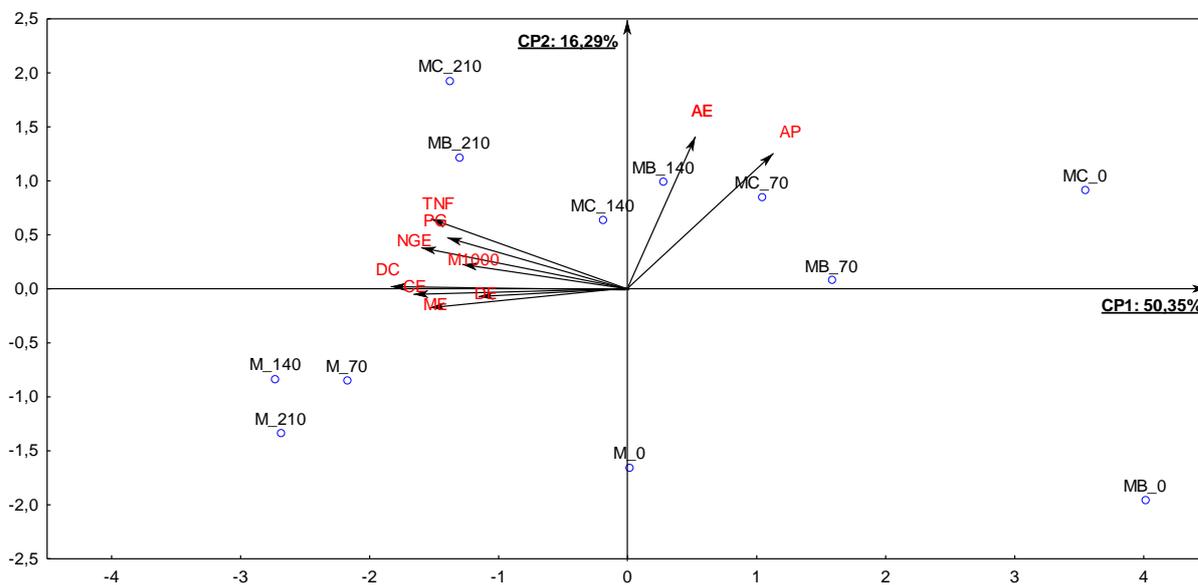


Figura 8. Gráfico biplot dos componentes principais para a distribuição dos sistemas de cultivo sob doses de nitrogênio em função das variáveis agrônômicas do milho. Jaboticabal, SP, Brasil, 2016/2017. Os sistemas de cultivo são indicados por M: Milho exclusivo, MC: Milho consorciado com crotalária (*Crotalaria spectabilis*) e MB: Milho consorciado com braquiária (*Urochloa ruziziensis*). Os números acompanhados do sistema de cultivo indicam a dose de N (kg ha^{-1}). As variáveis agrônômicas 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).

Quanto à eficiência agrônômica, verificaram-se maiores valores na dose de 70 kg ha^{-1} e menores na dose 210 kg ha^{-1} (Figura 9). Esta diminuição da variável à medida que a adubação nitrogenada na cultura do milho se elevou, concorda com Farinelli e Lemos (2012), os quais observaram o decréscimo de 20 kg kg^{-1} na eficiência, dado o incremento de 120 kg ha^{-1} de N.

Entre os sistemas de cultivo, exceto pela dose de 210 kg ha^{-1} de N, o milho exclusivo apresentou os maiores valores de eficiência agrônômica, seguido pelo consórcio da cultura com a braquiária e, por último, o consórcio com a crotalária. Estes resultados indicam que a cultura cultivada exclusivamente foi a mais responsiva quanto à adição do nutriente até a penúltima dose, deixando de ser eficiente na dose

posterior, em virtude da produtividade de grãos ter apresentado pouca variação à obtida na ausência de N, frente ao aumento de grande quantidade de N (210 kg ha^{-1}). No consórcio com a crotalária, por outro lado, o milho foi menos responsivo em todas as doses.

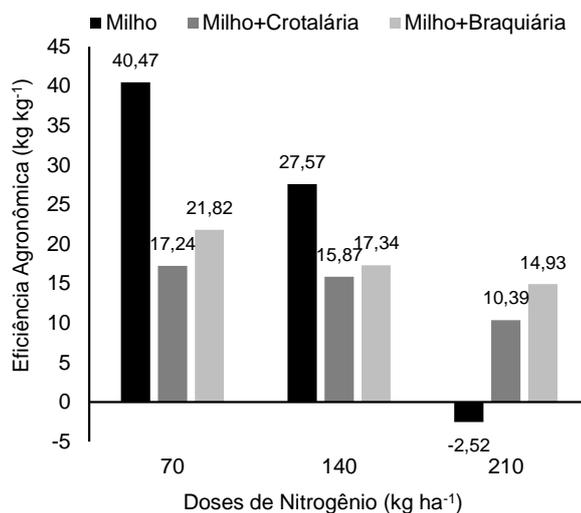


Figura 9. Eficiência agronômica da cultura do milho para os sistemas de cultivo de milho exclusivo, milho consorciado com braquiária (*Urochloa ruziziensis*), milho consorciado com crotalária (*Crotalaria spectabilis*) em função de doses de nitrogênio aplicadas em cobertura. Jaboticabal, SP, Brasil,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

4.2 Experimento II- Sistemas de cultivo de milho em função da adubação nitrogenada no ano agrícola 2017/18

No segundo experimento, a altura da espiga principal variou de acordo com os sistemas de cultivo, sendo maior para o milho cultivado em consórcio com a crotalária e menor no milho exclusivo (Tabela 4). Assim, em virtude do comportamento similar ao experimento I, verifica-se que a presença da crotalária favorece a altura de inserção da espiga principal.

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.

Tratamentos	TNF	DC	AP	AE
	g kg ⁻¹	mm	cm	cm
Sistemas de Cultivo (SC)				
M+B ⁽²⁾	30,97	20,04	234,44	127,69 ab ⁽¹⁾
M+C ⁽³⁾	32,27	20,58	238,56	130,75 a
M ⁽⁴⁾	36,55	20,62	233,63	126,56 b
DMS (5%)	6,41	1,15	6,34	4,14
Teste F				
SC	3,89 ^{ns}	1,49 ^{ns}	3,28 ^{ns}	5,16*
Doses de N (DN)	11,36**	3,44*	0,18 ^{ns}	0,23 ^{ns}
DNxSC	2,87*	0,08 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,39 ^{ns}
CV (%) - SC	17,78	5,19	2,48	2,97
CV (%) - DN	11,17	5,00	3,22	4,54
Média Geral	33,26	20,41	235,54	128,33

⁽¹⁾Letras diferentes correspondem à diferença significativa a 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$) pelo teste de Tukey. **Difere pelo teste F a 1% de probabilidade. *Difere pelo teste F a 5% de probabilidade. ^{ns} Não significativo. ⁽²⁾Milho consorciado com braquiária (*Urochloa ruziziensis*). ⁽³⁾Milho consorciado com crotalária (*Crotalaria spectabilis*). ⁽⁴⁾Milho exclusivo.

Para o teor de N foliar, com base na interação entre os fatores sistemas de cultivo e adubação nitrogenada, houve aumento de forma quadrática até as doses de 144, 125 e 198 kg ha⁻¹ de N no milho exclusivo, consorciado com a crotalária e com a braquiária, respectivamente (Figura 10). Além disso, quando não houve fornecimento de N em cobertura (dose 0), o milho exclusivo apresentou maior valor da variável, 35 g kg⁻¹, em relação ao milho consorciado com a crotalária, 27 g kg⁻¹, e com a braquiária, 23 g kg⁻¹. Dessa forma, verifica-se maior exigência pela adubação nitrogenada para o milho acompanhado da braquiária, sendo necessário o fornecimento de pelo menos 36 kg ha⁻¹ de N para atingir a faixa considerada adequada na folha diagnóstica da cultura do milho, de 27 a 35 g kg⁻¹ (Cantarella et al., 1997).

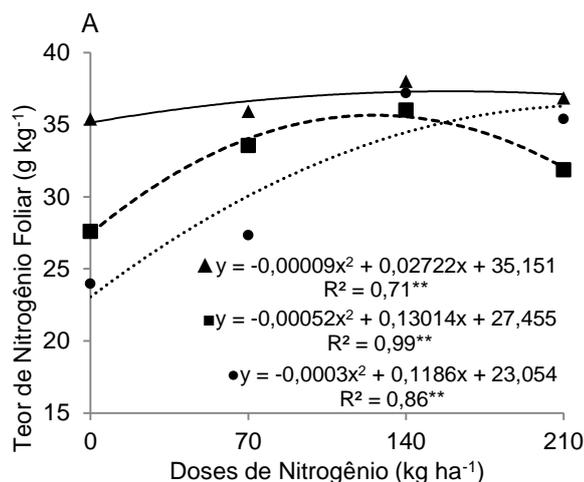


Figura 10. Teor de N foliar para a cultura do milho em função da interação entre sistemas de cultivo e doses de nitrogênio aplicadas em cobertura. Jaboticabal, SP, Brasil, 2017/2018. ▲ Milho exclusivo. ■ Milho consorciado com crotalária (*Crotalaria spectabilis*). ● Milho consorciado com braquiária (*Urochloa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

O diâmetro do colmo (Figura 11A) e a altura da espiga principal (Figura 11B) aumentaram de forma linear em função da adubação nitrogenada, à taxa de 0,05 mm e 0,08 cm, respectivamente, a cada 10 kg ha⁻¹ do nutriente adicionado.

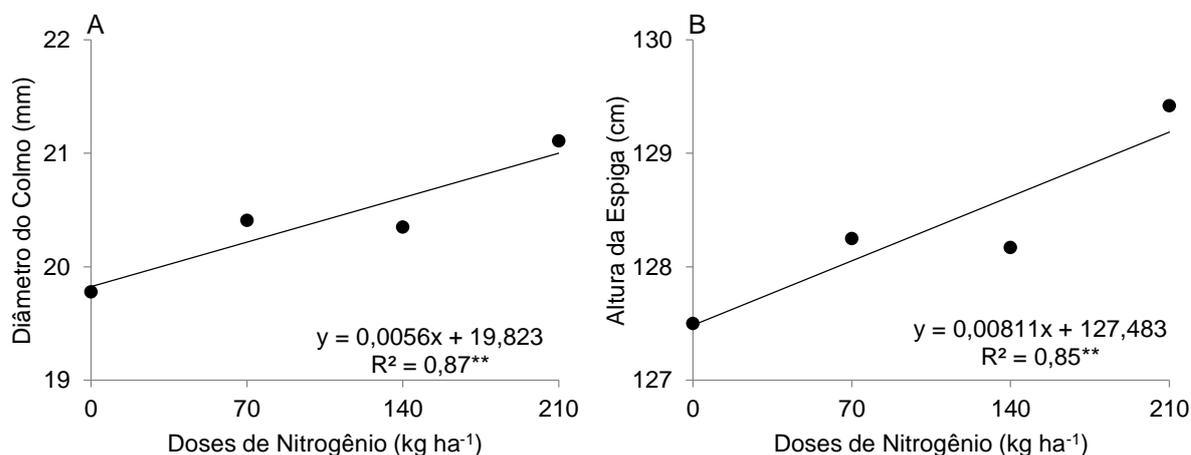


Figura 11. Diâmetro do colmo (A) e altura de inserção da espiga principal (B) para a cultura do milho em função de doses de nitrogênio aplicadas em cobertura. Jaboticabal, SP, Brasil, 2017/2018.

Em relação às variáveis da espiga e produtividade de grãos, apenas o comprimento de espiga foi influenciado pelos sistemas de cultivo (Tabela 5), sendo as

espigas do milho exclusivo 0,5 cm mais compridas que as do milho em consórcio com as plantas de cobertura. Entretanto, esta variação no comprimento de espiga não foi suficiente para aumentar a produtividade de grãos e, devido a não diferença estatística da variável entre os três sistemas de cultivo, constata-se a viabilidade agrônômica dos consórcios nas condições do presente estudo, garantindo assim produtividade de grãos semelhantes ao sistema exclusivo.

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.⁽¹⁾

Tratamentos	DE	CE	NFE	NGF	NGE	ME	MGE	MM	PG
	mm	cm	n°	n°	n°	g	g	g	t ha ⁻¹
Sistemas de Cultivo (SC)									
M+B ⁽²⁾	45,89	15,14 b	19	35	665	165,47	121,74	228,48	6,75
M+C ⁽³⁾	46,13	15,27 b	19	35	671	165,52	128,55	230,26	6,83
M ⁽⁴⁾	45,88	15,76 a	19	36	677	167,39	128,07	235,78	6,37
DMS (5%)	1,32	0,49	0,89	1,45	47,76	20,51	1,95	16,19	1,04
Teste F									
SC	0,21 ^{ns}	8,31*	0,09 ^{ns}	0,61 ^{ns}	0,31 ^{ns}	0,05 ^{ns}	3,80 ^{ns}	1,04 ^{ns}	1,09 ^{ns}
Doses de N (DN)	1,20 ^{ns}	3,44*	1,03 ^{ns}	2,43 ^{ns}	3,09*	2,21 ^{ns}	4,32*	4,26 ^{ns}	6,24**
DNxSC	0,36 ^{ns}	0,71 ^{ns}	0,80 ^{ns}	0,68 ^{ns}	0,38 ^{ns}	0,21 ^{ns}	0,28 ^{ns}	0,69 ^{ns}	1,42**
CV (%) - SC	2,64	2,95	4,35	3,76	6,57	11,38	6,19	6,45	14,43
CV (%) - DN	3,22	4,42	3,59	4,65	5,39	10,81	9,51	6,09	10,15
Média Geral	45,97	15,39	19	35	671	166,10	126,10	231,50	6,66

⁽¹⁾Letras diferentes correspondem à diferença significativa a 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$) pelo teste de Tukey. **Difere pelo teste F a 1% de probabilidade. *Difere pelo teste F a 5% de probabilidade. ^{ns}Não significativo.⁽²⁾Milho consorciado com braquiária (*Urochloa ruziziensis*). ⁽³⁾Milho consorciado com crotalária (*Crotalaria spectabilis*). ⁽⁴⁾Milho exclusivo.

Resultados semelhantes acerca da produtividade de grãos na safra de verão foram constatados por Gonçalves et al. (2016), ao estudarem o cultivo de milho exclusivo e consorciado com braquiária, e Cambaúva et al. (2019) comparando milho cultivado exclusivamente e consorciado com crotalária. Porém, Arf et al. (2018a) verificaram decréscimo da produtividade de grãos para milho consorciado com braquiária e com leguminosas, em relação ao milho exclusivo, na média de dois anos agrícolas.

Estas diferenças relatadas na literatura estão relacionadas ao manejo das culturas, às modalidades de consórcios utilizadas e aos fatores edafoclimáticos. Dessa forma, as condições favoráveis de fertilidade de solo possivelmente supriram as necessidades nutricionais do milho, evitando perdas na produtividade de grãos quando a planta de cobertura estava presente, sobretudo a braquiária, a qual promoveu menor diâmetro do colmo das plantas de milho. Duette et al. (2008) constataram que, embora o aproveitamento de 39% do fertilizante nitrogenado na forma de ureia N¹⁵ pelo milho em um Latossolo Vermelho, o solo foi o principal fornecedor de nutriente para a cultura. Assim, mesmo existindo déficit e excedente hídricos (Figura 3B), não foi relevante para que o milho exclusivo sobressaísse quanto à produtividade de grãos. Deve-se salientar, no entanto, que o híbrido utilizado no estudo contrariou o esperado para o solo da área experimental, considerado de alta fertilidade, e apresentou baixo potencial produtivo nos fatores estudados.

Embora seja constatado que para híbridos modernos como os do estudo, não há diminuição na produtividade de grãos para quantidade próximas a 90 mil plantas por hectare (Sangoi et al., 2002; Kappes et al., 2011), observa-se que, em sistemas de consórcio, o comportamento se altera. Isto porque, a maior população no experimento II impediu que o milho exclusivo se destacasse por melhores condições de desenvolvimento em relação aos consórcios, como ocorrido no experimento I.

Quanto à adubação nitrogenada, a cada 10 kg ha⁻¹ de N adicionado houve aumento de 0,05 mm no diâmetro (Figura 12A), 0,07 grão por fileira (Figura 12C), 0,7 g na massa de grãos (Figura 12E), e 0,8 na massa de mil grãos (Figura 12C) da espiga. O comprimento da espiga (Figura 12B) e o número de grãos por espiga (Figura 12D), entretanto, aumentaram de forma quadrática até as doses respectivas de 134 e 164 kg ha⁻¹ de N.

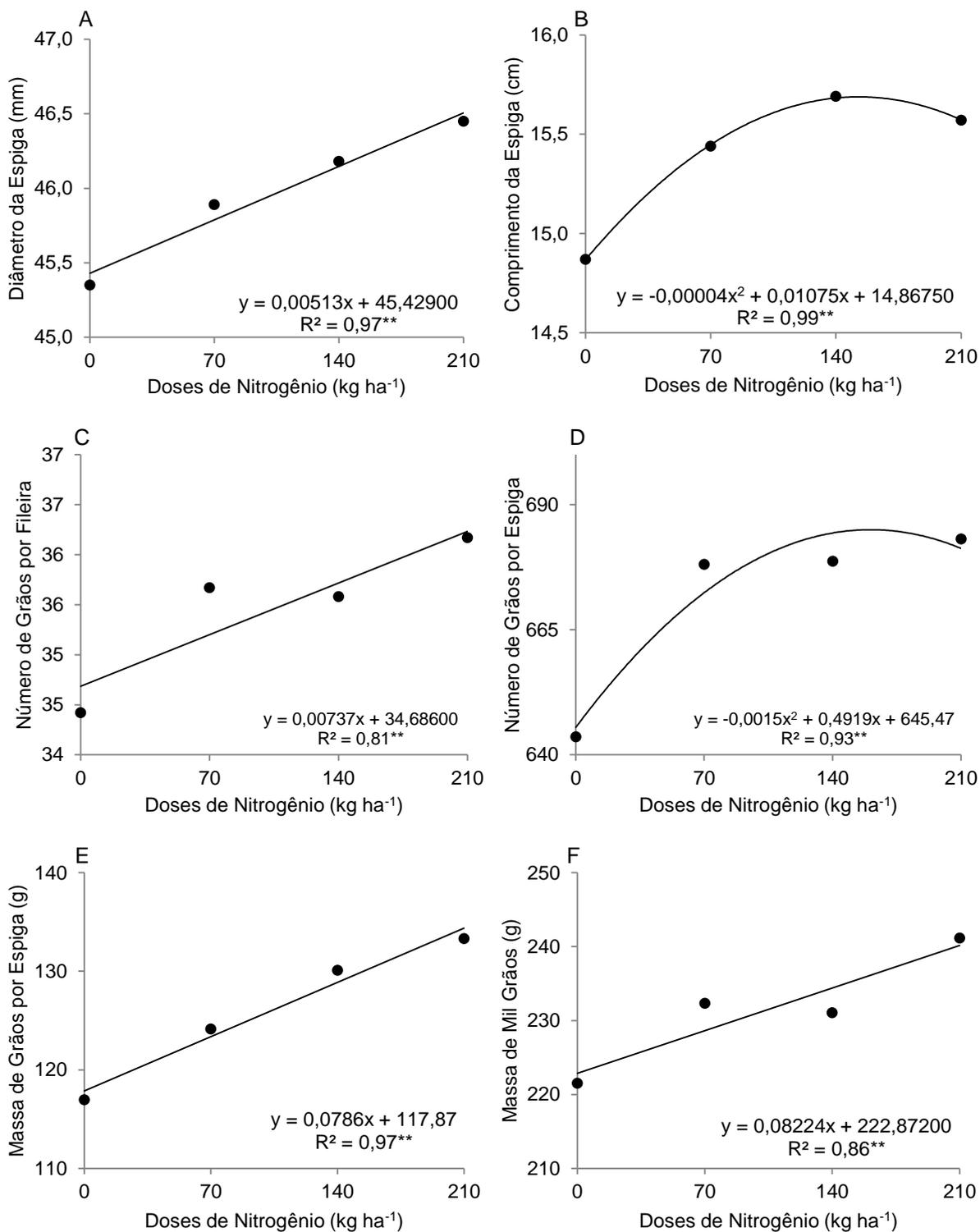


Figura 12. Comprimento da espiga (A), número de grãos por fileira (B), número de grãos por espiga (C) e massa de mil grãos (D) para a cultura do milho em função de doses de nitrogênio aplicadas em cobertura. Jaboticabal, SP, Brasil, 2017/2018.

Com base na interação entre os fatores sistemas de cultivo e doses de N, a produtividade de grãos aumentou até a dose de 169 kg ha⁻¹ de N para o milho exclusivo (Figura 13). No consórcio com a crotalária, por outro lado, não houve incremento da variável com o fornecimento do nutriente, verificando-se produtividades de grãos constantes. Para o milho consorciado com a braquiária, a cada 10 kg ha⁻¹ de N aplicado, houve aumento de aproximadamente 90 kg ha⁻¹, não alcançando o máximo da variável com as doses testadas, o que demonstra que este sistema de cultivo necessita de maior adição do nutriente. Além disso, sem a adubação nitrogenada, as produtividades foram 5,58, 6,83 e 5,84 t ha⁻¹ para, respectivamente, milho exclusivo, consórcio de milho com crotalária e com braquiária. Assim, a crotalária pode ter fornecido o nutriente ao milho, via exsudatos radiculares (Murrel et al., 2017), uma vez que a cultura produziu 1250 e 990 kg ha⁻¹ de grãos a mais que o milho exclusivo e o consorciado com a braquiária na dose 0, respectivamente.

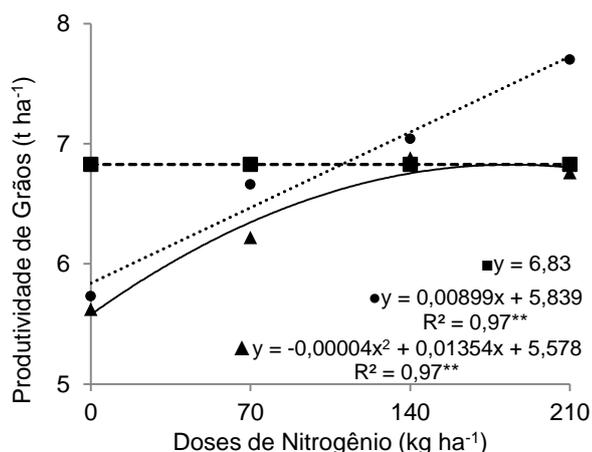


Figura 13. Produtividade de grãos para a cultura do milho em função da interação entre doses de nitrogênio aplicadas em cobertura e sistemas de cultivo. Jaboticabal, SP, Brasil, 2017/2018. ▲ Milho exclusivo. ■ Milho consorciado com crotalária (*Crotalaria spectabilis*). ● Milho consorciado com braquiária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

Por análise multivariada de componentes principais (CPs) para as variáveis agrônômicas de milho (Figura 14), assim como no experimento I (Figura 8), verificou-se que os dois primeiros CPs foram responsáveis por 72,45% da variabilidade total e que as variáveis que mais discriminaram o CP1 e o CP2 estiveram relacionadas,

respectivamente, ao desempenho produtivo e crescimento vegetativo do milho. Dessa forma, as variáveis que mais discriminaram o CP1 foram diâmetro do colmo (0,92), diâmetro da espiga (0,89), número de grãos por espiga (0,84), massa de mil grãos (0,79), produtividade de grãos (0,75), massa de espiga (0,73) e comprimento de espiga (0,71). As mais correlacionadas com o CP2 foram a altura de plantas (0,88) e de inserção da espiga principal (0,70). O teor de N foliar não entrou em nenhum componente neste ano.

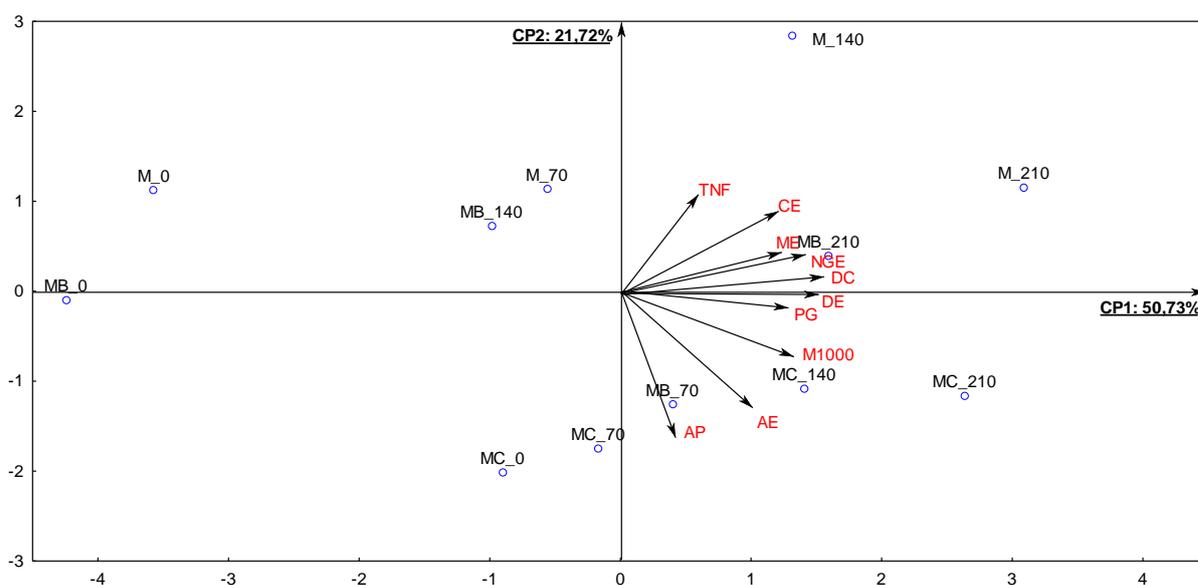


Figura 14. Gráfico biplot dos componentes principais para a distribuição dos sistemas de cultivo sob doses de nitrogênio em função das variáveis agrônômicas do milho. Jaboticabal, SP, Brasil, 2017/2018. Os sistemas de cultivo são indicados por M: Milho exclusivo, MC: Milho consorciado com crotalária (*Crotalaria spectabilis*) e MB: Milho consorciado com braquiária (*Urochloa ruziziensis*). Os números acompanhados do sistema de cultivo indicam a dose de N (kg ha⁻¹). As variáveis agrônômicas 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).

Verifica-se pelas correlações diretas entre as variáveis com o CP1, quanto maior o desempenho agrônômico do milho, maior a produtividade de grãos, diâmetro do colmo, diâmetro da espiga, número de grãos por espiga, massa de 1000 grãos, massa de espiga e comprimento de espiga. Além disso, a análise do gráfico biplot permitiu constatar que o maior desempenho produtivo ocorreu para o milho exclusivo

e consorciado com crotalária nas doses 140 e 210 kg ha⁻¹ de N e no milho consorciado com braquiária na dose de 210 kg ha⁻¹ de N. Evidenciando-se assim, a menor exigência quanto à adubação nitrogenada no milho exclusivo, intermediária no milho consorciado com crotalária e maior no milho consorciado com braquiária.

Quanto à eficiência agrônômica, diferentemente do experimento I, não se verificou grandes diferenças entre as doses de N, possivelmente pela maior população de plantas de milho no experimento II ter diminuído a amplitude entre produtividade de grãos com e sem adubação nitrogenada. Entre os sistemas de cultivo, a eficiência agrônômica demonstrou maiores valores para o sistema de milho consorciado com a braquiária nas três doses de N (Figura 13) e menores para a cultura em consórcio com a crotalária. A menor resposta da cultura acompanhada da leguminosa nos dois anos, é devido ao incremento de N via exsudatos radiculares (Murrel et al., 2017) na ausência de N, proporcionando assim pouca diferença de produtividade de grãos à quando se adiciona o fertilizante nitrogenado.

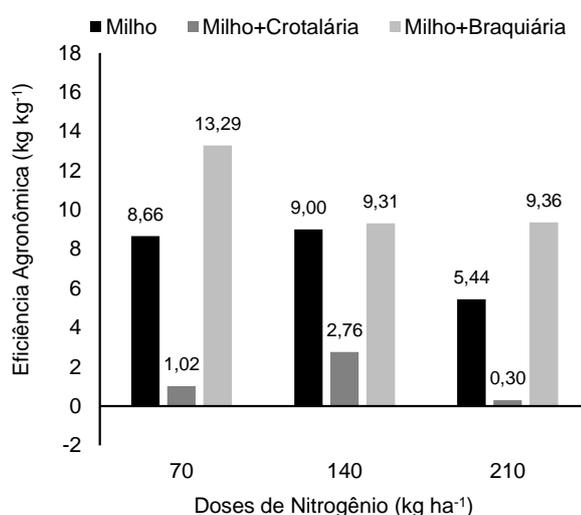


Figura 15. Eficiência agrônômica da cultura do milho para os sistemas de cultivo de milho exclusivo, milho consorciado com braquiária (*Urochloa ruziziensis*), milho consorciado com crotalária (*Crotalaria spectabilis*) em função de doses de nitrogênio aplicadas em cobertura. Jaboticabal, SP, Brasil,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

No que se refere à palhada, o sistema de cultivo influenciou a produtividade, o teor e o acúmulo de N (Figura 16). Observou-se menor valor na produtividade da palhada oriunda do milho cultivado exclusivamente (Figura 16A), justificado pela menor quantidade de plantas na área em relação aos sistemas de consórcio. Dessa

forma, a presença da crotalária e da braquiária promoveu aumento na produtividade da palhada de 38 e 41%, respectivamente. Este resultado corrobora com o observado por Arf et al. (2018b) ao compararem a produtividade de palhada de milho cultivado em consórcio com crotalária, guandu, feijão-de-porco e braquiária em relação ao milho exclusivo. Cambaúva et al. (2019) também verificaram maiores produtividades de palhada para o consórcio de milho com leguminosas, em comparação ao cultivo exclusivo de milho.

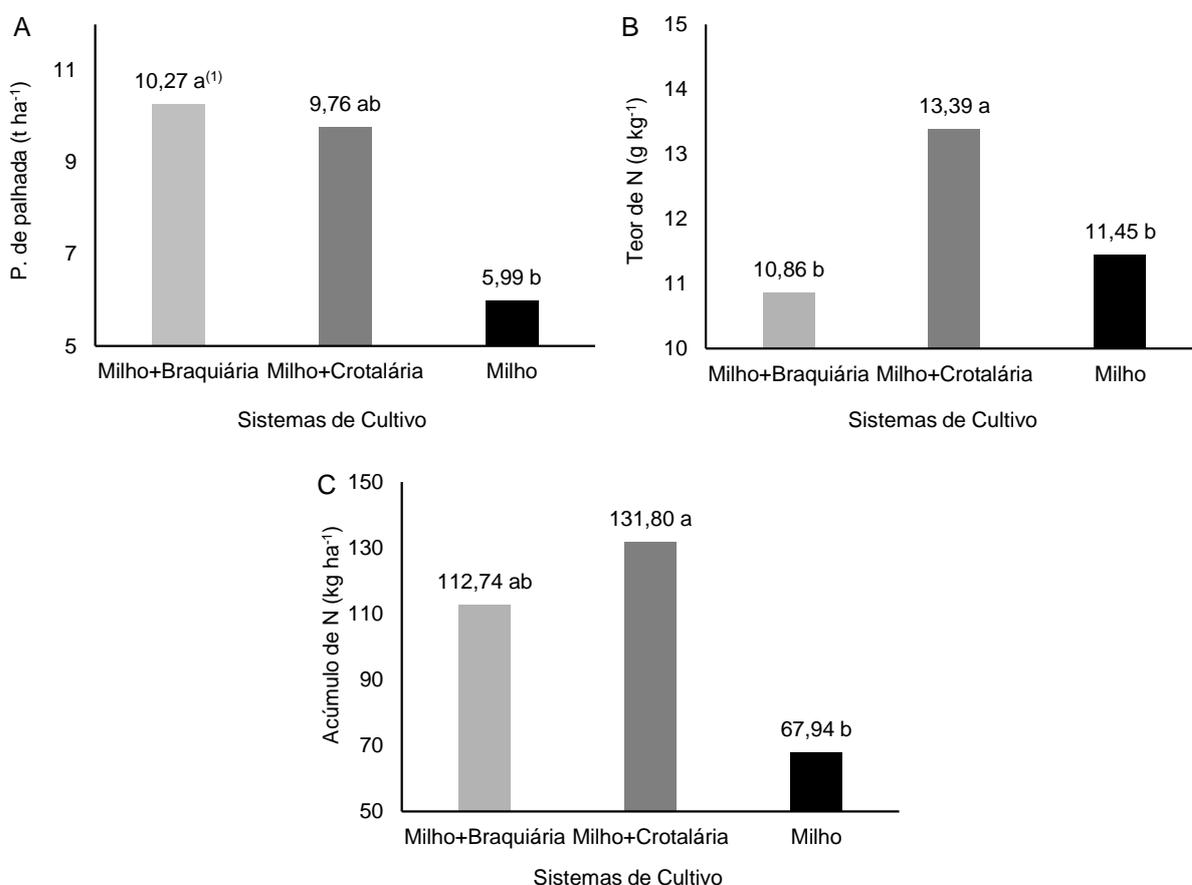


Figura 16. Produtividade (A), teor de nitrogênio total (B) e acúmulo de nitrogênio (C) referentes à palhada dos sistemas de cultivo de milho consorciado com braquiária (*Urochloa ruziziensis*), milho consorciado com crotalária (*Crotalaria spectabilis*) e milho exclusivo. Jaboticabal, SP, Brasil, 2017/2018. ⁽¹⁾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.

Além disso, visto que a quantidade mínima de palhada necessária para a cobertura do solo no SPD no Cerrado é de 7,0 a 8,0 t ha⁻¹ (Aidar et al., 2007), e que os sistemas de consórcio de milho com crotalária e com braquiária apresentaram valores de produtividade superiores a estes, indicam-se estes sistemas de cultivo como interessantes para implantação do sistema plantio direto de qualidade.

O consórcio, além de apresentar maior produção final de palhada, beneficiando a implantação e manutenção de plantio direto com qualidade, também apresenta benefícios indiretos ao solo durante o ciclo da cultura. Isto porque, com a semeadura das plantas de cobertura à lanço e simultaneamente ao milho, as entre linhas apresentam crescimento de plantas que mitigam o impacto das gotas de chuva no início do ciclo e na senescência do milho, reduzindo o escoamento superficial da água e o potencial de erosão (Blanco-Canqui e Ruis, 2018). Além disso, o consórcio reduz a infestação de plantas daninhas e mantém a umidade do solo em níveis adequados por maior tempo (Weber et al., 2017).

Quanto ao teor de N, a palhada do sistema de consórcio de milho com crotalária foi maior em relação aos demais (Figura 16B). Este resultado ocorreu devido à grande quantidade de N presente na crotalária ocasionada pela capacidade das leguminosas em fixar nitrogênio pela associação com bactérias do gênero *Rhizobium* e *Bradyrhizobium*, incorporando-o ao metabolismo e tecido foliar (Querné et al., 2017). O nutriente é inserido ao sistema de produção pela mineralização desta palhada e exsudação de ácidos orgânicos de raízes das leguminosas (Gitti et al., 2012). Portugal et al. (2017) verificaram maior teor de N nas palhadas oriundas de leguminosas em comparação às que continham gramíneas, em dois anos de estudo.

Dessa forma, o elevado teor de N refletiu no maior acúmulo de N para a palhada oriunda do sistema de milho consorciado com a crotalária, ao passo que o consórcio de milho e braquiária também se destacaram quanto ao acúmulo, devido à alta produtividade de palhada (Figura 16C). Os valores foram 93 e 65 % maiores para o acúmulo de N na palhada do consórcio de milho com crotalária e com braquiária, respectivamente, em comparação ao milho exclusivo. Este acréscimo possibilita que as culturas cultivadas após os consórcios de milho com braquiária e com crotalária, recebam o nutriente da mineralização da palhada, e reduzam a quantidade necessária de adubos minerais. Souza et al. (2019) verificaram no quinto ano de plantio direto,

menor necessidade da adubação nitrogenada mineral para o feijoeiro sobre a palhada de milho e braquiária e, quando em sucessão ao consórcio de milho e crotalária, o N mineral em cobertura foi praticamente dispensável para a produção de grãos de feijão.

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⁻¹, 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, Raij B van, Camargo C E O (1997) Cereais. In: Raij 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 (¹⁵N) 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 Agrônômica**, 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.

Tabela 2. Temperatura máxima (T máx), temperatura mínima (T mín), temperatura média (°C), precipitação pluvial (P), umidade relativa máxima (UR máx), umidade relativa mínima (UR mín), umidade relativa média (UR méd), velocidade do vento (V) e radiação líquida (Rn) diárias do mês de dezembro de 2016. Fonte: Estação Agroclimatológica Departamento de Ciências Exatas da FCAV/Unesp – Câmpus de Jaboticabal.

Dezembro/2016									
Dia	T máx	T mín	T méd	P	UR máx	UR mín	UR méd	V	Rn
	°C			mm	%			m s ⁻¹	MJ m ⁻² d ⁻¹
1	30,6	17,1	23,4	0,0	85,4	46,2	69,3	0,6	12,46
2	32,1	20,3	25,1	0,3	90,3	44,4	71,6	0,7	14,17
3	30,3	20,3	23,2	10,6	95,7	52,1	82,9	2,0	6,63
4	27,4	19,5	22,6	25,0	97,0	60,9	84,7	0,6	8,42
5	31,8	19,8	25,1	0,0	96,2	31,3	70,7	1,0	14,41
6	32,8	19,0	25,6	0,0	95,3	32,4	67,8	0,9	14,19
7	32,6	19,7	25,7	2,8	95,7	40,6	69,5	1,3	15,05
8	32,6	19,9	24,7	3,1	93,3	39,6	73,4	1,8	14,48
9	30,5	20,2	23,5	19,1	95,4	48,4	82,1	1,0	9,35
10	30,2	20,5	23,7	3,6	96,5	53,7	83,5	0,6	11,93
11	29,6	21,3	23,9	10,1	95,5	60,2	85,1	0,6	8,73
12	30,4	20,8	25,1	0,0	95,4	53,5	79,8	0,7	12,51
13	31,5	20,0	24,8	9,2	95,2	51,8	81,6	0,9	10,95
14	30,1	21,2	24,1	2,1	95,3	56,2	83,7	0,5	7,23
15	27,7	17,8	22,9	0,5	92,4	56,4	72,9	3,0	11,33
16	27,1	16,5	21,6	0,0	94,1	52,8	73,4	0,9	11,06
17	31,0	16,8	22,6	9,4	94,5	35,6	71,5	0,9	15,64
18	31,0	18,5	24,1	0,2	91,1	37,7	69,2	0,9	15,20
19	31,2	18,8	22,7	4,0	91,2	36,0	75,2	2,0	14,03
20	30,2	18,4	22,9	8,1	93,1	45,9	76,9	1,1	9,24
21	28,7	18,8	22,9	23,7	94,8	55,7	78,8	0,7	9,01
22	30,7	17,9	23,9	1,0	94,3	44,8	72,3	0,8	13,74
23	32,9	19,6	26,0	10,5	82,1	38,8	64,4	1,5	17,67
24	30,8	19,0	24,8	0,0	94,2	47,6	71,4	0,1	11,58
25	34,0	19,7	26,5	1,8	90,3	32,5	66,0	1,1	16,16
26	33,3	19,6	25,7	0,0	88,0	30,6	66,0	0,0	15,63
27	33,3	20,6	27,2	0,0	89,7	39,3	65,1	0,7	16,83
28	32,4	18,0	24,7	39,3	97,1	45,5	76,4	1,3	15,24
29	32,7	20,7	25,7	0,0	91,0	32,8	71,0	1,6	16,96
30	31,7	18,6	25,1	0,0	95,6	37,9	69,5	0,6	17,10
31	31,7	20,6	25,8	0,0	91,4	43,5	68,5	1,0	12,83

Tabela 3. Temperatura máxima (T máx), temperatura mínima (T mín), temperatura média (°C), precipitação pluvial (P), umidade relativa máxima (UR máx), umidade relativa mínima (UR mín), umidade relativa média (UR méd), velocidade do vento (V) e radiação líquida (Rn) diárias do mês de janeiro de 2017. Fonte: Estação Agroclimatológica Departamento de Ciências Exatas da FCAV/Unesp – Câmpus de Jaboticabal.

Janeiro/2017									
Dia	T máx	T mín	T méd	P	UR máx	UR mín	UR méd	V	Rn
	°C			mm	%			m s ⁻¹	MJ m ⁻² d ⁻¹
1	32,9	20,2	26,2	0,0	89,8	36,1	65,6	0,8	14,82
2	31,1	20,8	25,9	0,0	90,3	41,0	66,1	0,2	12,01
3	34,1	20,9	26,2	3,8	87,7	32,1	66,1	1,1	15,15
4	28,3	20,1	24,2	0,0	92,7	56,8	75,9	1,7	10,02
5	28,6	19,8	23,6	5,7	95,4	57,0	82,0	0,5	5,11
6	33,1	21,1	25,8	0,0	92,6	32,2	70,7	0,4	14,67
7	33,4	19,4	26,4	0,0	93,9	37,1	67,6	0,1	15,83
8	33,5	20,9	26,5	0,0	90,0	41,2	68,7	0,3	16,69
9	30,3	20,9	25,0	8,4	95,8	53,8	77,0	1,6	13,50
10	30,1	20,5	24,4	0,0	96,3	52,6	79,6	0,4	8,24
11	28,1	20,9	23,0	12,8	95,8	62,9	87,2	0,0	6,88
12	30,2	19,4	22,4	19,4	95,6	55,7	88,2	0,5	8,04
13	28,0	19,3	21,5	0,8	95,6	64,2	89,3	0,6	5,00
14	30,0	19,5	23,8	0,0	95,5	45,8	79,3	0,8	16,23
15	29,0	19,9	23,4	2,7	95,0	57,3	83,9	0,9	13,03
16	28,2	20,4	23,0	0,3	95,0	60,7	84,6	1,3	8,92
17	27,7	20,8	22,1	18,3	95,3	66,1	89,8	0,9	0,00
18	26,5	18,9	21,1	66,4	100,0	80,3	95,6	0,8	2,10
19	27,1	20,0	22,5	7,6	100,0	89,6	94,9	0,1	5,80
20	28,8	18,8	22,0	0,2	97,5	68,2	84,1	0,8	6,83
21	28,6	19,5	22,6	0,8	95,8	51,0	83,1	0,1	7,70
22	27,6	19,1	22,4	0,0	96,5	52,5	82,7	0,9	9,63
23	28,8	18,8	22,6	0,0	94,7	50,3	79,5	1,2	11,86
24	30,5	20,1	24,4	10,0	94,1	48,1	76,6	1,6	15,12
25	29,6	19,6	23,0	28,3	97,8	58,7	86,7	0,9	9,10
26	25,7	20,2	22,2	26,0	100,0	72,7	92,7	0,8	3,73
27	27,3	19,8	21,8	2,7	96,2	59,9	88,8	0,6	5,11
28	32,4	19,6	25,1	0,0	93,6	45,0	75,6	0,5	15,83
29	31,7	20,5	25,6	0,0	94,3	29,2	65,7	0,6	16,14
30	33,1	20,2	25,7	0,0	88,9	29,2	65,9	0,7	15,37
31	28,8	17,9	22,5	15,9	96,7	55,5	81,2	0,7	4,37

Tabela 5. Temperatura máxima (T máx), temperatura mínima (T mín), temperatura média (°C), precipitação pluvial (P), umidade relativa máxima (UR máx), umidade relativa mínima (UR mín), umidade relativa média (UR méd), velocidade do vento (V) e radiação líquida (Rn) diárias do mês de março de 2017. Fonte: Estação Agroclimatológica Departamento de Ciências Exatas da FCAV/Unesp – Câmpus de Jaboticabal.

Março/2017									
Dia	T máx	T mín	T méd	P	UR máx	UR mín	UR méd	V	Rn
	°C			mm	%			m s ⁻¹	MJ m ⁻² d ⁻¹
1	30,3	20,1	24,3	0,0	95,3	50,9	78,3	2,3	12,62
2	31,0	20,1	23,5	21,5	97,2	47,8	84,3	1,1	10,29
3	30,4	20,3	23,3	0,3	95,1	54,5	84,6	0,8	7,71
4	31,7	20,6	24,6	15,3	94,2	49,3	78,3	1,0	13,60
5	30,3	20,5	23,5	5,0	97,5	52,2	85,3	1,5	10,15
6	30,0	20,3	23,2	11,1	95,3	56,5	86,6	0,9	7,91
7	32,4	19,7	25,4	2,6	96,3	45,6	74,6	0,9	15,03
8	33,9	21,1	26,4	0,0	92,1	35,1	71,2	1,0	13,26
9	33,5	20,1	26,0	0,0	94,1	36,2	71,5	0,9	14,62
10	34,3	21,2	26,5	0,3	90,7	35,4	69,1	1,0	13,72
11	33,5	20,8	26,3	0,7	90,8	39,4	69,5	0,9	14,36
12	33,2	20,8	26,5	0,0	92,5	30,5	62,7	1,3	13,67
13	33,6	19,8	25,9	0,0	92,6	30,8	65,7	1,3	12,96
14	33,7	19,8	25,6	5,5	96,6	32,7	68,0	1,9	13,86
15	32,2	19,6	24,2	0,0	90,7	38,1	71,4	0,8	11,28
16	32,2	19,1	25,2	0,0	94,3	33,6	64,6	1,1	14,45
17	33,0	20,2	25,8	0,0	86,4	32,9	63,4	1,6	12,95
18	31,8	18,7	22,2	60,0	97,2	44,8	83,4	1,4	8,57
19	29,0	18,8	22,5	0,0	97,1	51,0	81,5	1,5	9,09
20	29,9	17,7	23,0	0,0	94,0	44,5	73,5	1,6	10,64
21	30,1	15,6	22,5	0,0	86,2	38,7	64,6	1,3	12,57
22	31,3	16,5	23,3	0,0	91,6	35,0	65,3	0,8	11,92
23	30,9	16,8	23,6	0,0	89,7	33,4	62,4	0,0	11,83
24	31,5	18,4	24,5	0,0	83,9	36,0	61,1	0,9	11,33
25	32,2	20,0	25,7	0,0	83,2	35,3	60,8	0,7	10,21
26	33,1	18,6	25,3	0,0	85,8	33,8	61,8	1,2	12,49
27	27,2	19,6	22,4	0,0	85,2	57,5	72,8	0,7	3,88
28	29,5	18,0	23,0	0,0	90,9	43,4	70,0	1,6	9,90
29	28,9	16,3	22,1	0,0	88,1	34,3	63,4	1,5	11,13
30	30,1	15,0	22,1	0,0	88,7	30,8	62,1	1,2	11,83
31	29,6	16,0	22,0	0,0	85,4	33,4	62,0	2,6	10,41

Tabela 7. Temperatura máxima (T máx), temperatura mínima (T mín), temperatura média (°C), precipitação pluvial (P), umidade relativa máxima (UR máx), umidade relativa mínima (UR mín), umidade relativa média (UR méd), velocidade do vento (V) e radiação líquida (Rn) diárias do mês de outubro de 2017. Fonte: Estação Agroclimatológica Departamento de Ciências Exatas da FCAV/Unesp – Câmpus de Jaboticabal.

Outubro/2017									
Dia	T máx	T mín	T méd	P	UR máx	UR mín	UR méd	V	Rn
	°C			mm	%			m s ⁻¹	MJ m ⁻² d ⁻¹
1	30,5	13,4	22,2	0,4	97,1	31,6	67,1	1,4	12,98
2	23,5	16,6	19,3	17,9	95,5	56,8	81,0	1,6	2,09
3	23,3	16,2	19,2	0,0	92,7	48,4	75,6	0,6	4,55
4	28,7	14,8	21,3	0,0	81,6	30,7	59,4	1,1	8,70
5	34,9	17,1	25,5	0,0	90,9	19,0	55,7	1,8	13,51
6	35,1	20,3	27,7	0,0	74,4	23,3	46,1	1,6	13,11
7	29,1	20,0	23,7	0,0	77,7	38,8	61,4	3,0	9,56
8	33,9	18,0	25,5	0,0	83,3	23,9	55,4	1,2	10,74
9	35,7	19,5	27,1	0,0	84,6	18,6	50,3	1,4	11,71
10	37,0	19,5	27,2	0,0	79,1	19,5	50,3	1,2	12,99
11	36,7	20,5	27,0	6,7	75,2	21,0	51,0	1,3	12,05
12	37,8	20,8	28,7	0,0	79,1	18,0	44,3	1,0	14,89
13	37,2	22,0	29,3	0,0	63,4	16,0	35,4	1,1	13,05
14	37,3	21,9	29,7	0,0	59,0	14,3	32,4	1,4	12,40
15	35,2	19,2	25,9	0,0	81,8	26,7	55,7	3,0	11,89
16	34,7	16,7	25,1	0,0	82,2	28,6	56,6	1,6	12,58
17	34,9	18,5	26,6	0,0	83,0	26,1	52,8	1,3	11,63
18	35,0	19,6	27,3	0,0	72,1	20,9	43,2	1,8	12,01
19	36,4	19,3	28,0	0,0	54,5	15,9	31,7	1,3	12,12
20	36,0	20,0	27,6	0,0	70,6	15,1	42,2	2,5	9,99
21	32,2	21,4	26,0	5,7	67,8	27,5	49,7	1,3	4,45
22	24,2	18,1	20,6	6,8	94,2	60,6	86,2	0,9	0,43
23	25,4	17,9	21,2	0,0	94,9	56,3	77,4	1,4	6,38
24	32,7	16,1	23,7	0,0	87,0	31,4	62,0	0,5	11,76
25	35,5	17,8	26,8	0,0	88,1	23,1	52,5	1,7	14,38
26	34,0	19,8	25,9	0,0	82,4	27,6	56,4	2,5	9,93
27	35,2	18,3	24,5	18,0	95,5	27,3	66,1	2,8	8,91
28	31,3	18,0	24,5	18,5	95,1	40,4	69,4	1,5	14,00
29	27,1	19,4	23,0	1,0	93,2	54,7	78,3	0,7	6,44
30	29,0	18,9	21,8	3,8	94,6	50,3	82,2	1,4	4,20
31	28,2	18,1	22,5	0,0	95,0	44,4	74,0	2,0	10,85

Tabela 9. Temperatura máxima (T máx), temperatura mínima (T mín), temperatura média (°C), precipitação pluvial (P), umidade relativa máxima (UR máx), umidade relativa mínima (UR mín), umidade relativa média (UR méd), velocidade do vento (V) e radiação líquida (Rn) diárias do mês de dezembro de 2017. Fonte: Estação Agroclimatológica Departamento de Ciências Exatas da FCAV/Unesp – Câmpus de Jaboticabal.

Dezembro/2017									
Dia	T máx	T mín	T méd	P	UR máx	UR mín	UR méd	V	Rn
	°C			mm	%			m s ⁻¹	MJ m ⁻² d ⁻¹
1	22,7	17,8	19,5	19,9	96,2	82,2	93,5	1,7	1,68
2	26,8	18,8	21,7	0,4	95,7	64,9	86,5	1,3	5,93
3	30,4	19,5	24,1	0,0	93,3	50,2	76,8	1,4	11,08
4	32,7	20,1	26,4	0,0	92,8	37,7	67,3	0,5	13,07
5	32,6	20,5	25,3	13,4	96,3	40,9	73,9	1,0	13,32
6	28,4	20,7	23,8	1,0	94,5	58,0	81,5	0,6	8,29
7	30,1	21,5	24,2	10,5	92,3	52,1	81,3	0,0	10,35
8	31,2	21,7	25,7	0,0	95,5	50,5	76,0	0,9	11,76
9	32,0	19,0	25,0	0,0	91,0	34,0	65,0	0,0	12,71
10	32,6	20,7	26,7	0,4	82,9	29,2	57,7	0,2	13,20
11	32,2	21,5	26,7	0,0	83,7	31,9	58,3	1,7	13,50
12	31,6	19,9	25,1	0,0	80,5	40,9	62,5	2,3	15,07
13	32,0	18,8	25,1	0,0	87,8	35,4	63,4	1,4	14,48
14	30,7	18,9	24,9	0,0	88,2	43,5	65,0	1,4	11,75
15	32,3	20,0	24,7	0,0	86,6	37,4	66,0	1,0	14,48
16	31,1	19,7	24,7	4,7	88,4	39,1	70,4	1,4	13,27
17	32,2	19,4	25,1	0,0	90,8	38,2	67,9	1,9	16,31
18	32,7	19,4	25,2	0,0	91,4	34,4	66,2	1,0	15,69
19	33,6	20,4	25,5	0,0	86,8	33,0	65,4	1,4	14,95
20	32,0	19,9	25,6	0,0	85,8	34,8	63,0	1,4	12,23
21	24,3	19,8	21,6	2,2	93,8	71,6	85,7	0,8	0,97
22	26,9	19,7	22,6	0,6	92,5	52,6	79,6	1,0	7,01
23	31,6	20,6	24,7	0,0	93,1	38,7	73,6	1,5	12,18
24	31,6	19,4	24,5	1,8	91,9	40,3	75,2	0,6	10,71
25	30,5	20,8	23,4	0,4	93,0	47,7	81,6	0,6	6,52
26	31,8	19,6	24,7	0,0	94,0	44,5	74,6	1,0	12,03
27	33,7	20,7	25,5	3,6	92,0	37,6	71,9	1,2	13,57
28	32,9	20,3	26,1	1,0	93,0	36,3	67,8	0,8	12,97
29	31,6	19,8	24,3	8,1	93,9	48,8	76,1	1,3	11,65
30	24,9	19,3	21,4	49,7	97,1	74,2	90,7	3,1	3,63
31	24,8	20,0	21,1	6,0	95,6	70,5	90,5	2,7	5,56

Tabela 10. Temperatura máxima (T máx), temperatura mínima (T mín), temperatura média (°C), precipitação pluvial (P), umidade relativa máxima (UR máx), umidade relativa mínima (UR mín), umidade relativa média (UR méd), velocidade do vento (V) e radiação líquida (Rn) diárias do mês de janeiro de 2018. Fonte: Estação Agroclimatológica Departamento de Ciências Exatas da FCAV/Unesp – Câmpus de Jaboticabal.

Janeiro/2018									
Dia	T máx	T mín	T méd	P	UR máx	UR mín	UR méd	V	Rn
	°C			mm	%			m s ⁻¹	MJ m ⁻² d ⁻¹
1	30,0	19,0	23,2	20,0	95,6	54,8	83,4	1,4	13,04
2	27,3	20,1	21,6	30,8	96,1	67,8	91,7	2,2	5,62
3	27,1	19,9	22,5	9,1	96,1	63,0	86,5	1,3	6,11
4	30,9	20,0	24,8	0,0	96,3	42,3	74,6	0,8	12,40
5	31,6	20,3	24,6	0,6	93,8	45,6	77,2	1,4	14,13
6	27,9	19,9	22,7	48,0	95,9	56,8	85,2	1,1	6,55
7	25,5	18,3	20,5	55,3	97,6	73,5	94,8	0,6	3,41
8	24,5	19,5	21,2	13,2	96,8	69,3	89,4	1,0	2,60
9	26,4	19,1	22,4	0,0	96,8	62,4	84,3	0,8	6,43
10	31,1	18,9	24,7	0,0	94,8	35,7	72,0	0,9	13,13
11	31,0	18,6	23,9	8,2	94,4	40,6	76,1	1,7	13,30
12	27,9	18,6	22,0	0,4	97,2	49,3	81,1	0,6	7,45
13	30,8	18,4	22,6	16,9	96,7	38,4	80,5	1,1	14,16
14	31,0	18,4	23,0	12,8	96,1	43,5	80,4	1,1	12,33
15	29,7	19,0	23,8	0,0	96,6	50,4	79,2	1,0	12,06
16	30,7	20,4	24,2	1,6	95,3	49,1	77,4	0,6	11,96
17	32,7	20,6	24,9	5,9	89,9	40,6	76,1	0,6	13,08
18	32,8	20,9	26,1	0,0	96,6	37,8	69,1	1,1	13,72
19	33,3	20,3	25,9	0,0	88,9	30,9	66,4	0,7	16,41
20	33,8	20,7	25,7	0,0	86,5	28,9	66,5	0,8	14,90
21	33,2	19,9	25,5	0,0	90,8	31,2	68,0	0,5	15,42
22	34,1	22,1	27,2	0,0	86,8	29,9	62,5	0,6	15,66
23	34,4	20,5	26,8	0,0	88,9	31,1	63,4	1,1	17,17
24	33,1	20,5	25,7	1,8	86,2	38,9	68,2	0,7	13,51
25	32,2	20,8	24,5	5,6	96,3	45,6	77,7	0,9	12,80
26	32,8	20,9	23,9	4,9	95,6	37,7	81,0	1,0	13,91
27	32,1	19,9	24,6	2,3	93,9	43,2	76,2	1,0	15,08
28	31,5	21,3	25,0	18,4	93,6	46,4	77,6	1,3	14,29
29	29,5	20,3	23,7	0,5	95,1	59,7	83,4	1,1	9,08
30	27,6	20,6	22,7	8,6	94,4	68,8	89,9	0,8	3,17
31	29,1	18,0	23,1	0,0	95,6	52,1	75,5	1,4	11,81

Tabela 12. Temperatura máxima (T máx), temperatura mínima (T mín), temperatura média (°C), precipitação pluvial (P), umidade relativa máxima (UR máx), umidade relativa mínima (UR mín), umidade relativa média (UR méd), velocidade do vento (V) e radiação líquida (Rn) diárias do mês de março de 2018. Fonte: Estação Agroclimatológica Departamento de Ciências Exatas da FCAV/Unesp – Câmpus de Jaboticabal.

Março/2018									
Dia	T máx	T mín	T méd	P	UR máx	UR mín	UR méd	V	Rn
	°C			mm	%			m s ⁻¹	MJ m ⁻² d ⁻¹
1	32,1	20,3	24,6	0,0	96,9	45,9	78,9	0,1	10,41
2	30,5	20,7	24,2	0,0	91,6	55,0	77,9	0,6	8,44
3	31,0	19,7	24,7	0,0	94,8	49,2	76,2	0,7	10,79
4	32,8	20,7	26,4	0,0	92,4	39,1	69,3	0,8	14,25
5	32,1	21,1	25,8	0,4	91,4	41,3	72,5	0,8	10,69
6	33,0	20,3	26,1	5,6	96,0	40,6	72,2	0,6	13,78
7	31,6	20,4	25,2	0,0	96,3	47,9	76,1	0,5	13,62
8	30,5	20,0	24,7	0,0	96,9	48,6	77,1	0,5	9,99
9	31,3	19,6	25,2	0,0	91,9	43,7	70,5	0,5	11,46
10	28,5	20,7	24,1	2,7	94,8	60,3	81,7	0,5	8,40
11	31,2	20,6	25,1	0,0	95,9	43,9	75,8	0,0	10,06
12	33,1	20,2	26,6	0,0	95,0	39,9	67,7	0,6	14,25
13	34,2	21,6	27,2	0,0	87,1	38,8	67,1	0,2	10,01
14	34,1	21,6	28,0	6,6	89,7	38,9	64,3	1,5	14,41
15	32,3	21,1	26,4	0,0	96,3	48,6	74,0	1,1	13,23
16	31,4	21,6	24,5	0,4	94,6	51,9	80,2	0,5	8,20
17	32,1	20,2	24,5	0,0	97,3	46,7	77,5	0,3	11,56
18	33,5	20,4	26,4	0,0	92,5	38,6	68,4	0,8	13,87
19	33,8	20,6	26,3	0,6	89,4	39,5	68,9	0,9	13,55
20	30,8	21,4	25,0	0,4	90,8	49,2	76,5	0,7	5,89
21	32,3	19,9	25,1	10,4	96,7	42,1	74,6	1,4	12,19
22	32,1	19,2	24,6	0,0	95,9	44,9	76,6	0,4	12,35
23	33,1	20,3	25,9	0,0	93,2	40,1	70,0	0,5	12,18
24	31,6	20,3	25,4	0,0	90,9	39,8	69,0	1,4	12,78
25	30,8	19,6	25,5	0,0	87,7	42,9	65,6	1,0	11,89
26	30,9	20,0	23,3	2,0	91,4	44,4	77,3	1,5	8,03
27	30,6	18,8	24,2	0,0	94,9	34,6	72,1	0,8	11,32
28	31,3	18,4	24,7	0,0	90,5	30,3	62,4	0,8	11,58
29	32,1	18,1	24,6	0,0	89,2	31,8	62,9	0,7	11,74
30	32,0	18,9	25,0	0,0	86,8	30,6	62,0	0,7	11,85
31	30,0	19,5	23,7	11,0	95,8	45,7	71,8	0,7	7,92

Tabela 2. Balanço hídrico para a cultura do milho em dezembro de 2016. Precipitação pluvial (P), evapotranspiração de cultura (ETc), diferença entre precipitação e evapotranspiração de cultura (P-ETc), negativo acumulado (NAC), armazenamento de água no solo (ARM), alteração no armazenamento (ALT), evapotranspiração real (ETR), déficit hídrico (DEF) e excedente hídrico (EXC).

Dezembro/2016									
Dia	P	ETc	P-ETc	NAC	ARM	ALT	ETR	DEF	EXC
1	0,0	1,3	-1,3	-2,5	97,5	-1,3	1,3	0,0	0,0
2	0,3	1,6	-1,3	-3,8	96,3	-1,2	1,5	0,0	0,0
3	10,6	0,7	9,9	0,0	100,0	3,7	0,7	0,0	6,2
4	25,0	0,9	24,1	0,0	100,0	0,0	0,9	0,0	24,1
5	0,0	1,7	-1,7	-1,7	98,3	-1,7	1,7	0,0	0,0
6	0,0	1,7	-1,7	-3,4	96,7	-1,7	1,7	0,0	0,0
7	2,8	1,8	1,0	-2,4	97,6	1,0	1,8	0,0	0,0
8	3,1	1,7	1,4	-1,0	99,0	1,4	1,7	0,0	0,0
9	19,1	1,2	17,9	0,0	100,0	1,0	1,2	0,0	16,9
10	3,6	1,6	2,0	0,0	100,0	0,0	1,6	0,0	2,0
11	10,1	1,2	8,9	0,0	100,0	0,0	1,2	0,0	8,9
12	0,0	1,8	-1,8	-1,8	98,3	-1,7	1,7	0,0	0,0
13	9,2	1,6	7,6	0,0	100,0	1,7	1,6	0,0	5,9
14	2,1	1,1	1,0	0,0	100,0	0,0	1,1	0,0	1,0
15	0,5	1,9	-1,4	-1,4	98,6	-1,4	1,9	0,0	0,0
16	0,0	2,1	-2,1	-3,5	96,6	-2,1	2,1	0,1	0,0
17	9,4	3,2	6,2	0,0	100,0	3,4	3,2	0,0	2,8
18	0,2	3,1	-2,9	-2,9	97,2	-2,8	3,0	0,0	0,0
19	4,0	2,6	1,4	-1,5	98,5	1,4	2,6	0,0	0,0
20	8,1	1,8	6,3	0,0	100,0	1,5	1,8	0,0	4,8
21	23,7	1,8	21,9	0,0	100,0	0,0	1,8	0,0	21,9
22	1,0	2,8	-1,8	-1,8	98,2	-1,8	2,8	0,0	0,0
23	10,5	3,5	7,0	0,0	100,0	1,8	3,5	0,0	5,2
24	0,0	2,5	-2,5	-2,5	97,5	-2,5	2,5	0,0	0,0
25	1,8	3,3	-1,5	-4,0	96,1	-1,5	3,3	0,0	0,0
26	0,0	3,5	-3,5	-7,5	92,8	-3,3	3,3	0,2	0,0
27	0,0	4,1	-4,1	-11,5	89,1	-3,7	3,7	0,4	0,0
28	39,3	3,5	35,8	0,0	100,0	10,9	3,5	0,0	24,9
29	0,0	3,8	-3,8	-3,8	96,2	-3,8	3,8	0,1	0,0
30	0,0	4,1	-4,1	-7,9	92,4	-3,8	3,8	0,2	0,0
31	0,0	3,0	-3,0	-10,9	89,7	-2,7	2,7	0,3	0,0

Tabela 3. Balanço hídrico para a cultura do milho em janeiro de 2017. Precipitação pluvial (P), evapotranspiração de cultura (ETc), diferença entre precipitação e evapotranspiração de cultura (P-ETc), negativo acumulado (NAC), armazenamento de água no solo (ARM), alteração no armazenamento (ALT), evapotranspiração real (ETR), déficit hídrico (DEF) e excedente hídrico (EXC).

Janeiro/2017									
Dia	P	ETc	P-ETc	NAC	ARM	ALT	ETR	DEF	EXC
1	0,0	3,5	-3,5	-14,4	86,6	-3,1	3,1	0,4	0,0
2	0,0	3,0	-3,0	-17,4	84,1	-2,5	2,5	0,4	0,0
3	3,8	3,6	0,2	-17,1	84,2	0,2	3,6	0,0	0,0
4	0,0	2,1	-2,1	-19,3	82,5	-1,8	1,8	0,4	0,0
5	5,7	1,2	4,5	-14,0	87,0	4,5	1,2	0,0	0,0
6	0,0	3,6	-3,6	-17,6	83,9	-3,1	3,1	0,5	0,0
7	0,0	4,0	-4,0	-21,5	80,6	-3,3	3,3	0,7	0,0
8	0,0	5,2	-5,2	-26,8	76,5	-4,1	4,1	1,1	0,0
9	8,4	3,7	4,7	-20,8	81,2	4,7	3,7	0,0	0,0
10	0,0	2,5	-2,5	-23,3	79,2	-2,0	2,0	0,5	0,0
11	12,8	2,1	10,7	-10,6	89,9	10,7	2,1	0,0	0,0
12	19,4	2,4	17,0	0,0	100,0	10,1	2,4	0,0	6,9
13	0,8	1,4	-0,6	-0,6	99,4	-0,6	1,4	0,0	0,0
14	0,0	4,7	-4,7	-5,4	94,8	-4,6	4,6	0,1	0,0
15	2,7	3,7	-1,0	-6,4	93,8	-1,0	3,7	0,1	0,0
16	0,3	2,4	-2,1	-8,5	91,8	-2,0	2,3	0,2	0,0
17	18,3	0,0	18,3	0,0	100,0	8,2	0,0	0,0	10,1
18	66,4	0,6	65,8	0,0	100,0	0,0	0,6	0,0	65,8
19	7,6	1,7	5,9	0,0	100,0	0,0	1,7	0,0	5,9
20	0,2	2,0	-1,8	-1,8	98,3	-1,7	1,9	0,0	0,0
21	0,8	2,3	-1,5	-3,3	96,8	-1,5	2,3	0,0	0,0
22	0,0	3,0	-3,0	-6,3	93,9	-2,8	2,8	0,1	0,0
23	0,0	3,6	-3,6	-9,9	90,6	-3,3	3,3	0,3	0,0
24	10,0	4,6	5,4	-4,0	96,0	5,4	4,6	0,0	0,0
25	28,3	2,9	25,4	0,0	100,0	4,0	2,9	0,0	21,5
26	26,0	1,1	24,9	0,0	100,0	0,0	1,1	0,0	24,9
27	2,7	1,6	1,1	0,0	100,0	0,0	1,6	0,0	1,1
28	0,0	5,3	-5,3	-5,3	94,9	-5,1	5,1	0,1	0,0
29	0,0	5,3	-5,3	-10,6	90,0	-4,9	4,9	0,4	0,0
30	0,0	5,1	-5,1	-15,7	85,5	-4,5	4,5	0,6	0,0
31	15,9	1,4	14,5	0,0	100,0	14,5	1,4	0,0	0,0

Tabela 6. Balanço hídrico para a cultura do milho em outubro de 2017. Precipitação pluvial (P), evapotranspiração de cultura (ETc), diferença entre precipitação e evapotranspiração de cultura (P-ETc), negativo acumulado (NAC), armazenamento de água no solo (ARM), alteração no armazenamento (ALT), evapotranspiração real (ETR), déficit hídrico (DEF) e excedente hídrico (EXC).

Outubro/2017									
Dia	P	ETc	P-ETc	NAC	ARM	ALT	ETR	DEF	EXC
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25	-	-	-	-	-	-	-	-	-
26	-	-	-	-	-	-	-	-	-
27	18,0	0,7	17,3	-39,6	67,3	17,3	0,7	0,0	0,0
28	18,5	1,2	17,3	-16,7	84,6	17,3	1,2	0,0	0,0
29	1,0	0,5	0,5	-16,2	85,1	0,5	0,5	0,0	0,0
30	3,8	0,3	3,5	-12,2	88,5	3,5	0,3	0,0	0,0
31	0,0	0,8	-0,8	-13,0	87,8	-0,7	0,7	0,1	0,0

Tabela 8. Balanço hídrico para a cultura do milho em dezembro de 2017. Precipitação pluvial (P), evapotranspiração de cultura (ETc), diferença entre precipitação e evapotranspiração de cultura (P-ETc), negativo acumulado (NAC), armazenamento de água no solo (ARM), alteração no armazenamento (ALT), evapotranspiração real (ETR), déficit hídrico (DEF) e excedente hídrico (EXC).

Dezembro/2017									
Dia	P	ETc	P-ETc	NAC	ARM	ALT	ETR	DEF	EXC
1	19,9	0,2	19,7	0,0	100,0	0,0	0,2	0,0	19,7
2	0,4	1,1	-0,7	-0,7	99,3	-0,7	1,1	0,0	0,0
3	0,0	2,1	-2,1	-2,9	97,2	-2,1	2,1	0,0	0,0
4	0,0	2,8	-2,8	-5,6	94,5	-2,7	2,7	0,1	0,0
5	13,4	2,7	10,7	0,0	100,0	5,5	2,7	0,0	5,2
6	1,0	1,7	-0,7	-0,7	99,3	-0,7	1,7	0,0	0,0
7	10,5	2,3	8,2	0,0	100,0	0,7	2,3	0,0	7,6
8	0,0	2,4	-2,4	-2,4	97,6	-2,4	2,4	0,0	0,0
9	0,0	2,8	-2,8	-5,2	94,9	-2,7	2,7	0,1	0,0
10	0,4	2,9	-2,5	-7,7	92,6	-2,3	2,7	0,2	0,0
11	0,0	2,7	-2,7	-10,3	90,2	-2,4	2,4	0,2	0,0
12	0,0	2,8	-2,8	-13,1	87,7	-2,5	2,5	0,3	0,0
13	0,0	3,3	-3,3	-16,4	84,9	-2,8	2,8	0,4	0,0
14	0,0	2,6	-2,6	-19,0	82,7	-2,2	2,2	0,4	0,0
15	0,0	3,4	-3,4	-22,4	80,0	-2,8	2,8	0,6	0,0
16	4,7	3,0	1,7	-20,2	81,7	1,7	3,0	0,0	0,0
17	0,0	3,6	-3,6	-23,8	78,8	-2,9	2,9	0,7	0,0
18	0,0	3,7	-3,7	-27,5	76,0	-2,8	2,8	0,8	0,0
19	0,0	3,5	-3,5	-30,9	73,4	-2,6	2,6	0,9	0,0
20	0,0	2,8	-2,8	-33,7	71,4	-2,0	2,0	0,8	0,0
21	2,2	0,2	2,0	-30,9	73,4	2,0	0,2	0,0	0,0
22	0,6	1,6	-1,0	-31,9	72,7	-0,7	1,3	0,3	0,0
23	0,0	2,7	-2,7	-34,6	70,7	-2,0	2,0	0,8	0,0
24	1,8	2,6	-0,8	-35,4	70,2	-0,5	2,3	0,2	0,0
25	0,4	1,6	-1,2	-36,6	69,4	-0,8	1,2	0,3	0,0
26	0,0	3,5	-3,5	-40,1	67,0	-2,4	2,4	1,1	0,0
27	3,6	4,0	-0,4	-40,4	66,7	-0,3	3,9	0,1	0,0
28	1,0	3,9	-2,9	-43,3	64,9	-1,9	2,9	1,0	0,0
29	8,1	3,3	4,8	-36,2	69,6	4,8	3,3	0,0	0,0
30	49,7	0,8	48,9	0,0	100,0	30,4	0,8	0,0	18,5
31	6,0	1,3	4,7	0,0	100,0	0,0	1,3	0,0	4,7

Tabela 9. Balanço hídrico para a cultura do milho em janeiro de 2018. Precipitação pluvial (P), evapotranspiração de cultura (ETc), diferença entre precipitação e evapotranspiração de cultura (P-ETc), negativo acumulado (NAC), armazenamento de água no solo (ARM), alteração no armazenamento (ALT), evapotranspiração real (ETR), déficit hídrico (DEF) e excedente hídrico (EXC).

Janeiro/2018									
Dia	P	ETc	P-ETc	NAC	ARM	ALT	ETR	DEF	EXC
1	20,0	3,6	16,4	0,0	100,0	0,0	3,6	0,0	16,4
2	30,8	1,4	29,4	0,0	100,0	0,0	1,4	0,0	29,4
3	9,1	1,7	7,4	0,0	100,0	0,0	1,7	0,0	7,4
4	0,0	3,6	-3,6	-3,6	96,4	-3,6	3,6	0,1	0,0
5	0,6	4,0	-3,4	-7,0	93,2	-3,2	3,8	0,2	0,0
6	48,0	1,8	46,2	0,0	100,0	6,8	1,8	0,0	39,4
7	55,3	1,0	54,3	0,0	100,0	0,0	1,0	0,0	54,3
8	13,2	0,7	12,5	0,0	100,0	0,0	0,7	0,0	12,5
9	0,0	2,0	-2,0	-2,0	98,1	-1,9	1,9	0,0	0,0
10	0,0	4,2	-4,2	-6,1	94,1	-4,0	4,0	0,2	0,0
11	8,2	4,0	4,2	-1,8	98,3	4,2	4,0	0,0	0,0
12	0,4	2,4	-2,0	-3,7	96,4	-1,9	2,3	0,1	0,0
13	16,9	4,4	12,5	0,0	100,0	3,6	4,4	0,0	8,8
14	12,8	3,9	8,9	0,0	100,0	0,0	3,9	0,0	8,9
15	0,0	3,8	-3,8	-3,8	96,3	-3,7	3,7	0,1	0,0
16	1,6	3,9	-2,3	-6,1	94,1	-2,2	3,8	0,1	0,0
17	5,9	4,4	1,5	-4,4	95,7	1,5	4,4	0,0	0,0
18	0,0	4,4	-4,4	-8,9	91,5	-4,1	4,1	0,3	0,0
19	0,0	5,0	-5,0	-13,8	87,1	-4,4	4,4	0,5	0,0
20	0,0	4,5	-4,5	-18,3	83,2	-3,8	3,8	0,7	0,0
21	0,0	4,7	-4,7	-23,1	79,4	-3,8	3,8	0,9	0,0
22	0,0	4,8	-4,8	-27,9	75,7	-3,7	3,7	1,1	0,0
23	0,0	5,1	-5,1	-33,0	71,9	-3,7	3,7	1,3	0,0
24	1,8	4,1	-2,3	-35,2	70,3	-1,6	3,4	0,7	0,0
25	5,6	3,8	1,8	-32,7	72,1	1,8	3,8	0,0	0,0
26	4,9	3,7	1,2	-31,1	73,3	1,2	3,7	0,0	0,0
27	2,3	3,9	-1,6	-32,7	72,1	-1,2	3,5	0,4	0,0
28	18,4	3,6	14,8	-14,1	86,9	14,8	3,6	0,0	0,0
29	0,5	2,2	-1,7	-15,8	85,4	-1,5	2,0	0,2	0,0
30	8,6	0,8	7,8	-7,1	93,2	7,8	0,8	0,0	0,0
31	0,0	2,8	-2,8	-9,8	90,7	-2,5	2,5	0,2	0,0

