

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS - FCAV  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**SISTEMAS DE CULTIVO E DOSES DE NITROGÊNIO EM  
COBERTURA NO FEIJOEIRO EM PLANTIO DIRETO**

**Victor D’Amico Damião**

Engenheiro Agrônomo

2017

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS - FCAV  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**SISTEMAS DE CULTIVO E DOSES DE NITROGÊNIO EM  
COBERTURA NO FEIJOEIRO EM PLANTIO DIRETO**

**Victor D’Amico Damião**

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

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia (Produção Vegetal).

**2017**





UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal



**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: SISTEMAS DE CULTIVO E DOSES DE NITROGÊNIO EM COBERTURA NO FEIJOEIRO EM PLANTIO DIRETO

**AUTOR: VICTOR D'AMICO DAMIÃO**

**ORIENTADOR: LEANDRO BORGES LEMOS**

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em AGRONOMIA (PRODUÇÃO VEGETAL), pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. LEANDRO BORGES LEMOS  
Departamento de Produção Vegetal / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Pesquisadora Dra. PRISCILA DE OLIVEIRA  
Meio Ambiente / EMBRAPA / Jaguariúna/SP

Profa. Dra. MARA CRISTINA PESSOA DA CRUZ  
Departamento de Solos e Adubos / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Jaboticabal, 20 de julho de 2017

## **DADOS CURRICULARES DO AUTOR**

**VICTOR D'AMICO DAMIÃO** - Filho de Valdeci Aparecido Damião e Maria Ângela Dalalana D'Amico, nascido no dia 24 de abril de 1990, natural de Jaboticabal, São Paulo, Brasil. Ingressou no curso de Agronomia pela "Universidade Estadual Paulista UNESP - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal (FCAV)" em março de 2010. Durante o curso de graduação foi monitor junto à disciplina Fisiologia Vegetal, do Departamento de Biologia Aplicada à Agropecuária, no período do primeiro semestre de 2012. Foi bolsista na modalidade de iniciação científica pela "Pró Reitoria de Pesquisa da UNESP (PROPe)" do ano de 2012 até 2013. Em 2013 foi membro do "Grupo de Integração Empresa-Universidade (GIEU)", atuando na organização de eventos para transferência de conhecimentos agrônômicos. Realizou projeto de extensão universitária financiado pela "Pró Reitoria de Extensão da UNESP (PROEx)" do ano de 2013 até 2014. No ano de 2014, realizou estágio curricular na área de desenvolvimento tecnológico da empresa Monsanto, na cidade de Luiz Eduardo Magalhães, Bahia, Brasil. Obteve o título de Engenheiro Agrônomo em março do ano 2015. Em agosto de 2015 iniciou o curso de mestrado, junto ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Produção Vegetal), na "Universidade Estadual Paulista UNESP - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal (FCAV)". Durante o Mestrado desenvolveu projetos científicos sob a orientação do Prof. Dr. Leandro Borges Lemos. O trabalho foi realizado no Departamento de Produção Vegetal, com apoio da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão - FEPE, desta mesma faculdade, e contou com o apoio financeiro da "Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)", através de concessão de bolsa de estudos.

“Há índoles que nasceram afeiçoadas para a obscuridade. Incomoda-as a demasiada luz. Umas plantas querem ar, e sol, e luz; outras vivem aí em qualquer canto escuro e obscuro e lá mesmo dão flor.”

Pierre Edme Beachêne

## **DEDICO**

À minha família, em especial aos meus pais Maria Ângela Dalalana D'Amico e Valdeci Aparecido Damião, por todo carinho e suporte durante minha caminhada.

## AGRADECIMENTOS

À “Universidade Estadual Paulista UNESP - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal (FCAV)”, por toda infraestrutura, suporte e transferência de conhecimentos;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos em nível de mestrado;

Ao Prof. Dr. Leandro Borges Lemos, pelas orientações, apoio, confiança, oportunidades e ensinamentos passados ao longo desses anos;

Aos membros da Comissão Examinadora do Exame Geral de Qualificação e Banca Examinadora de Defesa, por terem aceito o convite tão prontamente e pelas contribuições;

Aos docentes do Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Produção Vegetal) da UNESP/FCAV, por contribuírem para o meu enriquecimento intelectual e científico;

Aos Prof. Dr. Pedro Luis da Costa Aguiar Alves e Prof. Dr. Pedro Martins Luiz Soares, pela oportunidade de parceria e contribuição para o projeto como um todo;

Ao Prof. Dr. Rogério Falleiros Carvalho, pelos conselhos, experiências convidadas e suporte profissional e pessoal;

Aos funcionários do Departamento de Produção Vegetal da UNESP/FCAV, Geraldo Mangela de Assis, Lázaro José Ribeiro da Silva, Mônica Roberta Ignácio Colovati, Osmar Lúcio Trentin, Sidnéia de Aguiar Ferreira e Sebastião Nicoline (*in memoriam*), pelo apoio no desenvolvimento do projeto e boa convivência adquirida nestes anos, em especial ao Rubens Libório (“Faro-fino”) que sempre esteve

presente, contribuindo para o sucesso dos experimentos, amizade e alegria compartilhada nesses anos;

Aos funcionários da Fazenda de Ensino e Pesquisa e Extensão (FEPE) da UNESP/FCAV, Anderson Danilo Camargo, Antonio Donizeti Ferrari, Claudinei Soares Figueiredo, Francisco Lourenço de Souza, Gilberto do Santos, João Bernardo do Nascimento, Marcelo Scatolin, Tiago de Souza Fieno e Vagner Colovati pela ajuda na condução do trabalho e companheirismo;

Aos funcionários do Departamento de Biologia Aplicada à Agropecuária da UNESP/FCAV, Jamil Aparecido Ferraz, José Valcir Fidelis Martins, Sonia Maria R. Carregari, pelo ombro amigo, suporte nas atividades acadêmicas desde minha graduação, sou imensamente grato a vocês;

Aos membros do Grupo SAGRIS pelo crescimento como equipe e apoio na condução do projeto, especialmente aos colegas da pós-graduação Jordana de Araujo Flôres, Stefany Silva de Souza, Fábio Tiraboschi Leal, Hugo Dias Nunes, Pedro Afonso Couto Junior pela amizade e excelente convívio e apoio nos experimentos;

À todos os meus familiares, pelo carinho, apoio, torcida, incentivo e motivação para alcançar todos os meus sonhos profissionais e pessoais, amo vocês;

À minha namorada e seus familiares, pelo carinho, paciência, companheirismo e sentimentos compartilhados todos esses anos, amo você Catarina Mardegan;

Aos meus amigos, que não caberiam palavras para descreve-los, obrigado por compartilhar momentos tão bons com vocês (aos grupos da Tribo, CSA, Karkanelos e Irmãos).

## SUMÁRIO

	Página
SUMÁRIO .....	i
RESUMO .....	iii
ABSTRACT .....	iv
LISTA DE ABREVIATURAS .....	v
LISTA DE TABELAS .....	vi
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	2
2.1. Sistema de plantio direto e a sustentabilidade na produção de alimentos .....	2
2.2. Sistemas de cultivo de milho consorciado com braquiária e crotalária para o SPD.....	5
2.3. Adubação nitrogenada no feijoeiro em sucessão a gramíneas e leguminosas no SPD .....	9
2.4. Atributos qualitativos dos grãos de feijão em função de doses de N em cobertura no SPD .....	11
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	13
3.1. Características e histórico da área.....	13
3.2. Delineamento experimental e tratamentos .....	14
3.3. Implantação e condução do experimento .....	15
3.4. Avaliações .....	19
3.4.1. Atributos agronômicos do milho em função do cultivo exclusivo e consorciado com <i>U. ruziziensis</i> ou <i>C. spectabilis</i> .....	19
3.4.2. Cobertura vegetal do milho exclusivo e consorciado com <i>U. ruziziensis</i> ou <i>C. spectabilis</i> .....	20
3.4.3. Atributos agronômicos do feijoeiro em função das doses de nitrogênio em cobertura em sucessão aos sistemas de cultivo de milho exclusivo e consorciado com <i>U. ruziziensis</i> ou <i>C. spectabilis</i> .....	21
3.4.4. Atributos qualitativos dos grãos do feijoeiro em função do sistema de cultivo e das doses de nitrogênio em cobertura.....	23
3.5. Análise estatística .....	25
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	25

4.1. Atributos agronômicos do milho em função do cultivo exclusivo e consorciado com <i>U. ruziziensis</i> ou <i>C. spectabilis</i> .....	25
4.2. Cobertura vegetal do milho exclusivo e consorciado com <i>U. ruziziensis</i> e <i>C. spectabilis</i> .....	33
4.3. Atributos agronômicos do feijoeiro em função das doses de nitrogênio em cobertura em sucessão aos sistemas de cultivo de milho exclusivo e consorciado com <i>U. ruziziensis</i> e <i>C. spectabilis</i> .....	36
4.4. Atributos qualitativos dos grãos do feijoeiro em função do sistema de cultivo e das doses de nitrogênio em cobertura .....	46
5. CONCLUSÕES .....	51
6. REFERÊNCIAS.....	52
APÊNDICES .....	64
Apêndice A. Dados climáticos diários do experimento .....	65
Apêndice B. Estudo de regressão para obtenção do tempo para máxima hidratação dos grãos de feijão .....	70

## SISTEMAS DE CULTIVO E DOSES DE NITROGÊNIO EM COBERTURA NO FEIJOEIRO EM PLANTIO DIRETO

**RESUMO** – O objetivo com este trabalho foi avaliar os atributos agronômicos e qualitativos do feijoeiro irrigado em sucessão a sistemas de cultivo de milho exclusivo, milho consorciado com braquiária e milho consorciado com crotalária, assim como o efeito da adubação nitrogenada em cobertura, no ano de implantação do sistema de plantio direto. O experimento foi instalado em um Latossolo Vermelho eutroférico de textura argilosa, no delineamento em blocos casualizados arranjados em parcelas subdivididas, com quatro repetições. As parcelas foram compostas por três sistemas de cultivo anteriores ao feijoeiro, representadas pelo milho exclusivo, milho consorciado com braquiária e milho consorciado com crotalária, todos semeados em sucessão ao milho de primavera. As subparcelas foram constituídas por cinco doses de nitrogênio, sendo 0, 50, 100, 150 e 200 kg ha<sup>-1</sup>, aplicadas em cobertura na cultivar de feijoeiro IAC Alvorada. A viabilidade dos sistemas de cultivo de milho consorciado com braquiária e crotalária foi confirmada, pois não houve redução na produtividade de grãos do milho em relação ao sistema de cultivo exclusivo. Além disso, os consórcios de milho proporcionaram maior recobrimento do solo, quantidade de palhada, teor e acúmulo de nitrogênio na palhada, enquadrando-se nos padrões recomendados para o sistema de plantio direto de qualidade. Em relação aos atributos agronômicos do feijoeiro, o aporte de nitrogênio em cobertura proporcionou reposta linear crescente nas variáveis: teor de nitrogênio foliar, índice relativo de clorofila, número de vagens por planta, massa de 100 grãos e produtividade de grãos. O feijoeiro semeado na palhada de milho com crotalária apresentou maior número de vagens por planta, grãos por vagem e produtividade de grãos. Houve interação entre os tratamentos testados para eficiência agrônômica, a qual foi superior na dose de 50 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio aplicado no feijoeiro em sucessão do milho consorciado com crotalária. Para os atributos qualitativos dos grãos de feijão, as doses de nitrogênio influenciaram o rendimento de peneira 14 e 15, assim como o teor de proteína bruta, apresentando resposta linear crescente ao aporte do nutriente. O sistema de cultivo de milho exclusivo proporcionou maior rendimento de peneira 13, contribuindo para o maior rendimento de peneira maior ou igual a 12. O consórcio de milho com crotalária atuou positivamente no teor de proteína bruta e reduziu o tempo para máxima hidratação, que são características qualitativas favoráveis à comercialização do grão.

**Palavras-chave:** consórcio milho-braquiária, consórcio milho-crotalária, *Crotalaria spectabilis*, *Phaseolus vulgaris*, *Urochloa ruziziensis*, *Zea mays*

## CULTIVATE SYSTEMS AND TOP-DRESSED NITROGEN DOSES IN COMMON BEAN UNDER NO-TILL

**ABSTRACT** – The objective of this work was to evaluate the agronomic and qualitative attributes of irrigated common bean in succession to systems of exclusive corn cultivation, corn intercropped with brachiaria and corn intercropped with crotalaria, as well as the effect of top-dressed nitrogen fertilization at the year of implementation of the no-tillage system. The experiment was developed in a Eutrophic Oxisol, in randomized complete blocks design, in split-plot, with four replicates. The plots were composed of three cultivation systems prior to the bean, represented by exclusive corn, corn intercropped with brachiaria and corn intercropped with crotalaria, all of them sown in succession to spring millet. The subplots were consisted of five nitrogen doses, being 0, 50, 100, 150 and 200 kg ha<sup>-1</sup>, as top-dressed applied on the bean cultivar IAC Alvorada. The viability of corn intercropping systems with brachiaria and crotalaria was confirmed, as there was no reduction in maize grains yield in relation to the exclusive cropping system. In addition, maize intercropped provided greater soil cover, amount of straw, content and accumulation of nitrogen in the straw, in accordance with the recommended standards for the quality no-tillage system. In relation to the agronomic attributes of the common bean, the top-dressed nitrogen levels provided an increasing linear behavior in the variables: leaf nitrogen content, relative chlorophyll index, number of pods per plant, mass of 100 grains and grain yield. The bean sown in straw corn with crotalaria yielded higher number of pods per plant, grain per pod and grain yield. There was interaction between treatments tested for agronomic efficiency, which was higher in the 50 kg ha<sup>-1</sup> dose of nitrogen applied on the bean in succession of corn intercropped with crotalaria. For the qualitative attributes of the bean grains, increasing nitrogen doses influenced the sieve yield 14 and 15, as well as the crude protein content, presenting an increasing linear response to the nutrient contribution. The exclusive maize crop systems provided higher sieve yield 13, contributing to the higher sieve yield greater or equal to 12. The corn consortium with crotalaria had a positive effect on the crude protein content and reduced the time for maximum hydration, which are qualitative characteristics favorable to the commercialization of the grain.

**Keywords:** maize-brachiaria intercropping, maize-crotalaria intercropping, *Crotalaria spectabilis*, *Phaseolus vulgaris*, *Urochloa ruziziensis*, *Zea mays*

## LISTA DE ABREVIATURAS

- ANP** - acúmulo de nitrogênio na palhada;
- C:N** - relação carbono:nitrogênio;
- CV** - coeficiente de variação;
- DMS** - diferença média significativa.
- EA** - eficiência agronômica;
- FBN** - fixação biológica de nitrogênio;
- IRC** - índice relativo de clorofila;
- M<sub>100</sub>** - massa de cem grãos;
- N** - nitrogênio;
- NGV** - número de grãos por vagem;
- NVP** - número de vagens por planta;
- PGcf** - produção de grãos com aplicação do fertilizante;
- PGsf** - produção de grãos sem aplicação de fertilizante;
- PTG** - produtividade de grãos;
- QNa** - quantidade de nitrogênio aplicado;
- QP** - quantidade de palhada produzida;
- RP** - rendimento de peneira;
- RP<sub>≥12</sub>** - rendimento de peneira maior ou igual a 12/64" x 3/4 (4,76 x 19,05 mm);
- RS** - recobrimento da superfície do solo;
- SC** - sistema de cultivo;
- SC<sub>M</sub>** - milho exclusivo;
- SC<sub>M+B</sub>** - milho consorciado com *U. ruziziensis*;
- SC<sub>M+C</sub>** - milho consorciado com *C. spectabilis*;
- SPAD** - "soil plant analysis development";
- SPD** - sistema de plantio direto;
- TMH** – tempo para máxima hidratação dos grãos;
- TNF** - teor de nitrogênio foliar;
- TNP** - teor de nitrogênio na palhada;
- TPB** - teor de proteína bruta no grão.

**LISTA DE TABELAS****Página**

- Tabela 1.** Descrição dos sistemas de cultivo (SC) em sucessão de culturas e época de semeadura do milheto, milho exclusivo e consorciado com *Urochloa ruziziensis* ou *Crotalaria spectabilis*, e feijoeiro, Jaboticabal-SP, safra 2015/ 2016. ....**14**
- Tabela 2.** Atributos químicos do solo, na profundidade de 0-20 cm, através de análise química preliminar à semeadura direta do milheto, sistemas de cultivo de milho e feijoeiro em sucessão. Jaboticabal-SP, safra 2015/2016. ....**15**
- Tabela 3.** Valores de referência para o tempo de cozimento nos grãos de feijão segundo a escala de Proctor e Watts (1987). ....**24**
- Tabela 4.** Teor de nitrogênio foliar, altura de planta, altura de inserção da espiga principal e diâmetro do colmo do milho em função do sistema de cultivo exclusivo, consorciado com *Urochloa ruziziensis* ou *Crotalaria spectabilis*, Jaboticabal-SP, safra 2015/2016. ....**26**
- Tabela 5.** Diâmetro da espiga, diâmetro do sabugo, comprimento da espiga e massa de espiga em função do sistema de cultivo exclusivo, consorciado com *Urochloa ruziziensis* ou *Crotalaria spectabilis*, Jaboticabal-SP, safra 2015/2016. ....**28**
- Tabela 6.** Número de fileiras por espiga, número de grãos por fileira, número de grãos por espiga e massa de mil grãos do milho em função do sistema de cultivo exclusivo, consorciado com *Urochloa ruziziensis* ou *Crotalaria spectabilis*, Jaboticabal-SP, safra 2015/2016. ....**28**
- Tabela 7.** Produtividade de grãos e índice de colheita do milho em função do sistema de cultivo exclusivo, consorciado com *Urochloa ruziziensis* ou *Crotalaria spectabilis*, Jaboticabal-SP, safra 2015/2016. ....**31**

**Tabela 8.** Recobrimento da superfície do solo, quantidade de palhada produzida, teor de nitrogênio na palhada e acúmulo de nitrogênio na palhada provenientes dos sistemas de cultivos de milho exclusivo, consorciado com *Urochloa ruziziensis* ou *Crotalaria spectabilis* aos 15 dias preliminares a semeadura do feijoeiro, Jaboticabal-SP, safra 2015/2016. ....34

**Tabela 9.** População inicial e final de plantas, massa seca da parte aérea e número de trifólios por planta do feijoeiro, cultivar IAC Alvorada, em função dos sistemas de cultivo antecessores e de doses de nitrogênio aplicadas em cobertura, Jaboticabal-SP, safra de inverno 2016. ....37

**Tabela 10.** Teor de nitrogênio foliar e índice relativo de clorofila do feijoeiro, cultivar IAC Alvorada, em função dos sistemas de cultivo antecessores e de doses de nitrogênio aplicadas em cobertura, Jaboticabal-SP, safra de inverno 2016. ....38

**Tabela 11.** Número de vagens por planta, número de grãos por vagem, massa de 100 grãos, produtividade de grãos e eficiência agrônômica do feijoeiro, cultivar IAC Alvorada, em função dos sistemas de cultivo antecessores e de doses de nitrogênio aplicadas em cobertura, Jaboticabal-SP, safra de inverno 2016. ....41

**Tabela 12.** Rendimento de peneira (RP) determinada pela porcentagem de grãos do feijoeiro, cultivar IAC Alvorada, retidos em peneiras de furo oblongo em função dos sistemas de cultivo antecessores e de doses de nitrogênio aplicadas em cobertura. Jaboticabal-SP, safra de inverno 2016.....46

**Tabela 13.** Teor de proteína bruta no grão, tempo para cozimento, tempo para máxima hidratação e relação de hidratação de grãos do feijoeiro, cultivar IAC Alvorada, em função dos sistemas de cultivo antecessores e de doses de nitrogênio aplicadas em cobertura. Jaboticabal-SP, safra de inverno 2016. ....49

**Tabela 14.** Equações de regressão ajustadas para obtenção do tempo para máxima hidratação dos grãos (TMH) do feijoeiro, cultivar IAC Alvorada, em função dos sistemas de cultivo antecessores e de doses de nitrogênio aplicadas em cobertura. Jaboticabal-SP, safra de inverno 2016.....**51**

## LISTA DE FIGURAS

### Página

**Figura 1.** Precipitação pluvial (mm), temperatura máxima e mínima do ar (°C), a cada sete dias, nos meses de novembro de 2015 a maio de 2016, referentes ao ciclo dos sistemas de cultivo de milho. S: semeadura (28/11/2015); V<sub>E</sub>: emergência (02/12/2015); V<sub>8</sub>: oitava folha completamente expandida (28/12/2015); V<sub>T</sub>: pendoamento (23/01/2016); R<sub>1</sub>: florescimento feminino (28/01/2016); R<sub>6</sub>: maturidade fisiológica (12/04/2016); C: colheita (26/04/2016). Fonte: Estação Agroclimatológica Departamento de Ciências Exatas da FCAV/UNESP - Campus de Jaboticabal, SP.

.....17

**Figura 2.** Precipitação pluvial (mm), temperatura máxima e mínima do ar (°C), a cada cinco dias, nos meses de junho a outubro de 2016, referentes ao ciclo do feijoeiro. S: semeadura (21/06/2016); V<sub>E</sub>: emergência (26/06/2016); V<sub>4</sub>: terceiro trifólio completamente expandido (28/06/2016); R<sub>6</sub>: florescimento pleno (18/08/2016); R<sub>9</sub>: maturidade fisiológica (26/09/2016); C: colheita (29/09/2016). Fonte: Estação Agroclimatológica Departamento de Ciências Exatas da FCAV/UNESP - Campus de Jaboticabal, SP. ....18

**Figura 3.** Teor de nitrogênio foliar (A), altura de plantas (B), inserção da espiga principal (C) e diâmetro do colmo (D) do milho nos sistemas de cultivo: milho exclusivo (M), milho consorciado com *Urochloa ruziziensis* (M+B) e milho consorciado com *Crotalaria spectabilis* (M+C), em Jaboticabal-SP, 2015/2016. Médias seguidas de letras iguais, não diferem pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade. ....27

**Figura 4.** Diâmetro da espiga, diâmetro do sabugo, comprimento da espiga e massa de espiga nos sistemas de cultivo: milho exclusivo (M), milho consorciado com *Urochloa ruziziensis* (M+B) e milho consorciado com *Crotalaria spectabilis* (M+C), em Jaboticabal-SP, 2015/2016. Médias seguidas de letras iguais, não diferem pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade. ....**29**

**Figura 5.** Número de fileiras por espiga, número de grãos por fileira, número de grãos por espiga e massa de mil grãos do milho nos sistemas de cultivo: milho exclusivo (M), milho consorciado com *Urochloa ruziziensis* (M+B) e milho consorciado com *Crotalaria spectabilis* (M+C), em Jaboticabal-SP, 2015/2016. Médias seguidas de letras iguais, não diferem pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade. ....**30**

**Figura 6.** Produtividade de grãos e índice de colheita do milho nos sistemas de cultivo: milho exclusivo (M), milho consorciado com *Urochloa ruziziensis* (M+B) e milho consorciado com *Crotalaria spectabilis* (M+C), em Jaboticabal-SP, 2015/2016. Médias seguidas de letras iguais, não diferem pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade. ....**32**

**Figura 7.** Recobrimento da superfície do solo, quantidade de palhada produzida, teor de nitrogênio na palhada e acúmulo de nitrogênio na palhada provenientes dos sistemas de cultivos: milho exclusivo (M), milho consorciado com *Urochloa ruziziensis* (M+B) e milho consorciado com *Crotalaria spectabilis* (M+C), em Jaboticabal-SP, 2015/2016. Médias seguidas de letras iguais, não diferem pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade. ....**35**

**Figura 8.** Teor de nitrogênio foliar em função das doses de nitrogênio aplicadas em cobertura no feijoeiro, cultivar IAC Alvorada, em Jaboticabal-SP, safra 2016. \*\*Significativo a 1% pelo teste F. ....**39**

- Figura 9.** Índice relativo de clorofila em função das doses de nitrogênio aplicadas em cobertura no feijoeiro, cultivar IAC Alvorada, em Jaboticabal-SP, safra 2016. \*\*Significativo a 1% pelo teste F. ....40
- Figura 10.** Número de vagens por planta em função das doses de nitrogênio aplicadas em cobertura no feijoeiro, cultivar IAC Alvorada, em Jaboticabal-SP, safra 2016. \*\*Significativo a 1% pelo teste F. ....42
- Figura 11.** Massa de 100 grãos em função das doses de nitrogênio aplicadas em cobertura no feijoeiro, cultivar IAC Alvorada, em Jaboticabal-SP, safra 2016. \*\*Significativo a 1% pelo teste F. ....42
- Figura 12.** Produtividade de grãos em função das doses de nitrogênio aplicadas em cobertura no feijoeiro, cultivar IAC Alvorada, em Jaboticabal-SP, safra 2016. \*\*Significativo a 1% pelo teste F. ....44
- Figura 13.** Desdobramento da interação entre sistemas de cultivo e doses de nitrogênio referentes à eficiência agrônômica do feijoeiro, cultivar IAC Alvorada, em sucessão a milho exclusivo ( $\diamond$ ), milho consorciado com *Urochloa ruziziensis* ( $\circ$ ) e milho consorciado com *Crotalaria spectabilis* ( $\Delta$ ), em Jaboticabal-SP, safra 2016. \*\*Significativo a 1% pelo teste F. ....45
- Figura 14.** Rendimento de peneira 14 em função das doses de nitrogênio aplicadas em cobertura no feijoeiro, cultivar IAC Alvorada, em Jaboticabal-SP, safra 2016. \*\*Significativo a 1% pelo teste F. ....47
- Figura 15.** Rendimento de peneira 15 em função das doses de nitrogênio aplicadas em cobertura no feijoeiro, cultivar IAC Alvorada, em Jaboticabal-SP, safra 2016. \*\*Significativo a 1% pelo teste F. ....48

**Figura 16.** Teor de proteína bruta no grão em função das doses de nitrogênio aplicadas em cobertura no feijoeiro, cultivar IAC Alvorada, em Jaboticabal-SP, safra 2016. \*\*Significativo a 1% pelo teste F. ....**50**

## 1. INTRODUÇÃO

O crescimento acelerado da população mundial associado às mudanças climáticas do planeta estimulam numerosas pesquisas relacionadas às diferentes áreas do conhecimento agrônomo, objetivando desenvolver sistemas sustentáveis de produção, que garantam a segurança alimentar através do incremento de produtividade e valor nutricional dos alimentos. O sistema de plantio direto (SPD) tem demonstrado atender os requisitos da agricultura sustentável, por beneficiar os atributos do solo, reduzir o consumo de insumos agrícola, aumentar a lucratividade do agronegócio e resultar em benefícios ambientais e sociais. Os princípios técnicos do SPD são a rotação de culturas, não revolvimento do solo e manutenção de restos culturais na superfície do solo, e têm contribuído para o aumento da produtividade das principais espécies cultivadas nos mais diversos agroecossistemas.

Apesar do SPD exibir diversas vantagens para a produção de alimentos, devem ser levados em consideração alguns pontos de atenção, como fatores limitantes ao seu desempenho, por exemplo, em condições de clima tropical, nas quais a elevada temperatura e precipitação pluvial aceleram a decomposição dos resíduos vegetais no verão, e a baixa temperatura e umidade comprometem a produção de biomassa no inverno, reduzindo a persistência da palha sob a superfície do solo. Além disso, no decorrer da implantação do SPD ocorre elevada taxa de imobilização do nitrogênio (N) no solo, principalmente com o uso de espécies de alta relação carbono:nitrogênio (C:N), reduzindo a disponibilidade deste nutriente para as culturas em sucessão. Logo, a seleção da espécie que será utilizada na rotação de culturas é de extrema importância para atingir o sucesso no SPD. Para isso, sistemas de cultivo de milho (*Zea mays* L.) consorciados com braquiária (*Urochloa ruziziensis*) e crotalária (*Crotalaria spectabilis* Roth.) vem sendo estudados com o objetivo de se obter relação C:N intermediária nos resíduos, equilibrando a alta persistência das gramíneas com a elevada velocidade de decomposição das leguminosas.

O feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) tem sido amplamente explorado no SPD, por apresentar ciclo relativamente curto e ser cultivado em até três safras no

mesmo ano agrícola, se adaptando as mais variadas condições de rotação de culturas, e exibindo elevadas produtividades de grãos em condições irrigadas. Contudo, o feijão é pouco eficiente na fixação biológica do N (FBN), que é o nutriente mais limitante para sua produção de grãos, especialmente em solos de Cerrado. Portanto, é essencial entender as respostas quantitativas e qualitativas do feijoeiro à adubação nitrogenada, em função das diferentes rotações de culturas empregadas em cada sistema de produção, e visando aportar o N nas doses necessárias para suprir as demandas do SPD, pelo fato das recomendações de adubação atuais estarem baseadas no sistema de preparo convencional do solo.

O objetivo geral deste trabalho foi avaliar as características agronômicas do milho em sistemas de cultivo exclusivo, consorciado com braquiária e consorciado com crotalária, analisando também a quantidade e a qualidade da palha produzida em cada sistema de cultivo. De maneira específica, o trabalho objetivou avaliar os efeitos da adubação nitrogenada em cobertura sobre os atributos agronômicos e qualitativos do feijoeiro irrigado em sucessão aos sistemas de cultivo de milho exclusivo, consorciado com braquiária ou crotalária, no ano de implantação do SPD.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1. Sistema de plantio direto e a sustentabilidade na produção de alimentos**

A sustentabilidade dentro dos sistemas de produção agrícola vem sendo uma tendência mundial, apresentando como princípio desenvolver tecnologias e práticas agronômicas que não prejudiquem os recursos naturais, sendo acessíveis e eficazes para os agricultores, e que promova o aumento da produtividade dos alimentos (PRETTY, 2008). Apesar do avanço na produtividade das culturas agrícolas nos últimos cinquenta anos, é notável o crescimento das áreas agricultáveis, acompanhada pela intensificação do uso da água e do solo e impulsionada pelo aumento do uso de fertilizantes, agrotóxicos e máquinas agrícolas. Neste cenário, a sustentabilidade do setor agrícola está nitidamente relacionada com a evolução de sistemas de produção, que atendam os benefícios agronômicos através da

recuperação e conservação dos solos, os econômicos mediante a diversificação da oferta e redução do custo de produção, os ecológicos por redução do uso de defensivos e perdas de solo, e os sociais por meio da melhoria da qualidade de vida dos agricultores e colaboradores (KLUTHCOUSKI et al., 2000).

O sistema de plantio direto (SPD) destaca-se por utilizar técnicas conservacionistas, preservando os recursos naturais utilizados pela agricultura através de boas práticas agronômicas. Os pilares do SPD são fundamentados na rotação de culturas, mínimo revolvimento do solo e manutenção dos restos culturais sobre a sua superfície (DERPSCH et al., 2014), resultando em benefícios agronômicos para o sistema de produção, dos quais pode-se ressaltar a redução das perdas de solo por erosão hídrica (SEPÚLVEDA; CARRILLO, 2016), a melhoria dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo (KAISER et al., 2014; SITHOLE; MAGWAZA; MAFONGOYA, 2016), especialmente pelo elevado aporte de matéria orgânica no solo (SORATTO; PEREZ; FERNANDES, 2014), resultando em menor variação da temperatura e maior conservação da água no solo. Além dos benefícios agronômicos, vale destacar os ambientais, do qual o SPD integra o “Programa de Agricultura de Baixa Emissão de Carbono” (BRASIL, 2010), por mitigar as emissões de gases do efeito estufa, principalmente com a utilização de leguminosas na rotação de culturas (BAYER et al., 2016). Ainda, o elevado recobrimento da superfície do solo promove a supressão física de plantas daninhas, reduzindo ou até tornando desnecessário o uso de herbicidas pós-emergentes, e a rotação de culturas minimiza efeitos negativos de patógenos de solo, podendo até controlá-los, por ação alelopática ou isolante dos exsudatos de raízes das diferentes espécies inseridas no sistema. Portanto, os benefícios agronômicos e ambientais são refletidos em redução do custo de produção, pela economia de produtos fitossanitários, combustível, maquinário agrícola e mão de obra (KLUTHCOUSKI et al., 2000).

Em relação ao recobrimento da superfície do solo, Derpsch et al. (2014) verificaram que áreas que apresentam recobrimento abaixo de 30% não podem ser enquadradas na modalidade de agricultura conservacionista, dentro das categorias da quantidade de resíduos distribuídos na superfície (30-60%, 60-90% e maior que 90%). Além disso, a rotação de culturas deve considerar a utilização de no mínimo

três espécies vegetais distintas, prezando pela biodiversidade do sistema, e resultando em melhorias na qualidade dos resíduos vegetais, assim como o aumento de insetos e fungos benéficos, responsáveis pelo controle natural de pragas e fitopatógenos agrícolas. Atualmente, o Brasil apresenta 60 milhões de hectares ocupados com culturas produtoras de grãos (CONAB, 2017), dos quais 32 milhões de hectares são destinados ao SPD (FEBRAPDP, 2017), porém, apenas 18 milhões de hectares satisfazem os requisitos do SPD de qualidade.

Apesar das diversas vantagens do SPD, existem alguns fatores que limitam o seu desempenho, principalmente em regiões que apresentam condições de clima tropical. A elevada temperatura do ambiente combinada com a grande precipitação pluvial durante o verão aceleram a decomposição dos resíduos vegetais (BUTENSCHOEN; SCHEU; EISENHAUER, 2011), e no período de inverno, a baixa temperatura e umidade relativa do ar prejudicam a produção de fitomassa (KLUTHCOUSKI et al., 2000), comprometendo a formação e manutenção da palhada na superfície do solo. Outro fator relevante é a intensa imobilização de nutrientes, como o nitrogênio no solo, durante a implantação do SPD (VÁZQUEZ; PRIETO, 2016), reduzindo a disponibilidade deste nutriente para as culturas em sucessão pela ação microbiana no solo, principalmente com a utilização de espécies de alta relação C:N como cobertura do solo (SILVA et al., 2006).

Portanto, é essencial a escolha de espécies adequadas, assim como o planejamento correto da rotação de culturas, tendo em vista a diversidade de culturas que podem ser utilizadas na entressafra, com a finalidade de proporcionar cobertura e ciclagem de nutrientes para o solo (PACHECO et al., 2011; MARCELO; CORÁ; FERNANDES, 2012). O cultivo de leguminosas tem ganhado destaque entre as plantas de cobertura, pela possibilidade de aporte de N para as culturas em sucessão (OLIVEIRA et al., 2010; GITTI et al., 2012), em função da capacidade de fixação biológica do  $N_2$  atmosférico e a baixa relação C:N dos restos culturais, levando a uma acelerada decomposição (AITA; GIACOMINI, 2003) e disponibilizando além do N, todos os nutrientes presentes na biomassa para o solo, microrganismos e vegetais em sucessão (MULVANEY et al., 2010). Em contrapartida, os resíduos provenientes de gramíneas apresentam elevada relação C:N, apresentando baixa velocidade de decomposição, o que resulta em maior

permanência da palhada na superfície do solo, que é uma característica desejável para regiões de clima tropical, por favorecerem a elevada decomposição dos resíduos culturais (KLUTHCOUSKI et al., 2000; PACHECO et al., 2011). Com o objetivo de produzir uma palhada de relação C:N intermediária, através de resíduos vegetais de diferentes culturas, é essencial selecionar espécies de alta persistência no solo e com velocidade de decomposição equilibrada, as quais são características desejáveis na palha para o SPD (MARCELO; CORÁ; FERNANDES, 2012).

## **2.2. Sistemas de cultivo de milho consorciado com braquiária e crotalária para o SPD**

Os sistemas de cultivo de milho consorciado vêm sendo utilizados no SPD por aliar benefícios para conservação do solo e melhorar o ambiente de cultivo, os quais são proporcionados pelas culturas de cobertura, e possibilitam maiores rentabilidades para a agricultura, em comparação ao monocultivo, quando a cultura de interesse comercial não tem sua produtividade afetada (KAPPES; ZANCANARO, 2015). Embora ocorra competição interespecífica entre os consórcios, o milho é considerado uma espécie muito competitiva por apresentar metabolismo fotossintético C<sub>4</sub>, além do seu porte alto e rápido crescimento inicial, que promovem a dominância do dossel pela interceptação da radiação fotossinteticamente ativa, mitigando a quantidade de recursos para a cultura em consorciação (OLIVEIRA et al., 2010; KAPPES; ZANCANARO, 2015). Para isso, em trabalhos de pesquisa recentes, têm se avaliado e difundido as tecnologias de sistemas de milho consorciado com espécies forrageiras e adubos verdes.

O “Sistema Santa Fé” é uma tecnologia desenvolvida pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), que preconiza a produção de culturas graníferas anuais, como o milho, consorciadas com forrageiras tropicais, principalmente as do gênero *Urochloa*. O propósito deste sistema é a produção de grãos de interesse comercial, junto ao aporte de palhada para o SPD de qualidade, tendo ampla versatilidade de implantação por não alterar o cronograma de atividades da propriedade rural, não necessitar de equipamentos específicos para a

sua implantação e apresentar diversas modalidades para semeadura do consórcio (KLUTHCOUSKI et al., 2000).

O uso de plantas do gênero *Urochloa* em consórcio com o milho possibilitou o SPD de qualidade na palha em áreas de Cerrado (CECCON, 2007; KLUTHCOUSKI et al., 2013), principalmente por contribuírem para o incremento dos teores de matéria orgânica, Ca e Mg no solo, apresentando elevada produção de biomassa de alta relação C:N e melhorando o ambiente de cultivo, por exibir grande produção de raízes do tipo fasciculada, as quais colaboram para a melhoria dos atributos físicos do solo (MAROCHI, 2006; CRUSCIOL et al., 2007; SILVEIRA et al., 2011). Podemos destacar também as principais vantagens das palhadas de braquiárias para o SPD, como o maior recobrimento da superfície do solo e longevidade de seus resíduos em virtude da lenta decomposição, favorecendo a conservação da água e menor amplitude térmica no solo, supressão e controle de patógenos de solo como o mofo branco, podridão radiculares de *Fusarium* e *Rhizoctonia* por ação isolante ou alelopática da microflora do solo, e aumento da capacidade de supressão física de plantas daninhas, podendo tornar o uso de herbicidas pós-emergentes desnecessário (KLUTHCOUSKI et al., 2000; 2003).

A espécie *U. ruziziensis* apresenta hábito de crescimento cespitoso, recobrando a total superfície do solo, se adequando a diversas modalidades de semeadura, podendo ser semeada a lanço ou incorporada ao solo. Ainda, apresenta características desejáveis para o SPD, como grande disponibilidade de sementes, rusticidade, adaptabilidade a diversas condições de cultivo, pouca incidência de pragas e doenças, baixa exigência nutricional e hídrica, elevada produção de biomassa e fácil controle com herbicidas, sendo amplamente difundida neste sistemas de produção (MAROCHI, 2006; NASCENTE et al., 2012; MACHADO et al., 2013; COSTA et al., 2014a; 2014b).

O “Sistema Santa Brígida”, que também é uma tecnologia desenvolvida pela EMBRAPA, fundamenta-se na produção de grãos de interesse comercial, como o milho, consorciados com adubos verdes, como os do gênero *Crotalaria*. A inserção do adubo verde no consórcio tem como propósito o aporte de N para o sistema de produção, através da fixação biológica do N atmosférico, sem afetar a produtividade de grãos da cultura principal. Ainda, uma das vantagens deste sistema é a

diversificação das palhadas para o SPD, podendo até ser reduzido o fornecimento de N mineral para a cultura em sucessão, por benefício do consórcio de milho com leguminosas (OLIVEIRA et al., 2010).

Além da fixação biológica do N atmosférico, outro benefício da utilização de consórcios com leguminosas é a menor relação C:N da fitomassa dessas espécies, sendo por volta de 20, entre o florescimento pleno e o início da formação de vagens. Essa característica promove mais rápida decomposição da biomassa proveniente das crotalárias, favorecendo a mineralização e a maior liberação dos nutrientes até 60 dias após a incorporação, sejam eles reciclados do solo ou oriundos da fixação simbiótica de N. Portanto, os nutrientes provenientes das leguminosas podem ser aproveitados pelas culturas em sucessão, sendo que a quantidade disponibilizada depende de fatores como a espécie de adubo verde, tempo para decomposição, temperatura do ambiente, manejo, umidade do solo e a fertilidade do solo, associando o maior teor de matéria orgânica ao aumento da população microbiana e a elevada disponibilidade de nutrientes (HEINRICHS et al., 2005; WUTKE; CALEGARI; WILDNER, 2014).

Entre as leguminosas de interesse agrônomo para consorciação com milho no SPD, as do gênero *Crotalaria* tem sido exploradas, com relevância para a espécie *C. spectabilis*, que apresenta elevada produção de matéria seca e acúmulo de N. A *C. spectabilis* é uma planta arbustiva, de crescimento ereto e determinado, com o ciclo relativamente precoce, variando de 1,0 a 1,5 m de altura na maturidade, exibindo crescimento inicial lento, e seu porte médio permite a utilização dessa espécie nas entrelinhas de culturas anuais e perenes, sem prejudicá-las. A ampla adaptação, às diversas condições de cultivo, possibilita a recomendação da *C. spectabilis* para adubação verde, podendo acumular mais de 150 kg ha<sup>-1</sup> de N na parte aérea (REDIN et al., 2016). Além disso, a crotalária é utilizada como planta armadilha para solos infestados por nematoides fitopatogênicos, principalmente os formadores de galhas nas raízes, apresentando quatro mecanismos para minimizar o parasitismo (WANG; SIPES; SCHIM, 2002). Dessa forma, essa espécie é importante para a agricultura de base ecológica, por demonstrar proteção para o solo, incrementar a fertilidade do solo e agir no controle biológico de pragas, promovendo a agricultura sustentável.

Os consórcios, tanto com gramíneas quanto com leguminosas, podem ser implantados em diferentes modalidades de semeadura, como o consórcio semeado na linha intercalar do milho, linhas duplas de milho intercaladas com linha simples do consórcio (espaçamentos reduzidos), consórcio na mesma linha do milho, em área total com semeadura do consórcio a lanço, e nesta última modalidade o estabelecimento do consórcio pode ser simultâneo ao milho ou até 20 dias após a emergência da cultura de interesse, sendo que existem mais de 80 modalidades possíveis para implantação dos consórcios com milho (HEINRICHS et al., 2005; CECCON; BORGHI; CRUSCIOL, 2013).

Borghi et al. (2013) verificaram em Botucatu-SP os efeitos dos consórcios de milho com gramíneas das espécies *U. brizantha*, *P. maximum* ou o milho cultivado exclusivamente, em função da modalidade de semeadura, seja ela simultânea ou por ocasião da adubação de cobertura do milho, em SPD. Os autores observaram que os consórcios não afetaram os teores de nutrientes na folha de milho, a altura de planta e de inserção da espiga principal, assim como o diâmetro do colmo. Os parâmetros referentes aos componentes de produtividade do milho como o número de grãos por espiga e massa de mil grãos não foram prejudicados pelos consórcios com gramíneas, entretanto a semeadura simultânea de milho e *P. maximum* reduziu a produtividade de grãos de milho, porém elevou a produção de palhada para o SPD.

Heinrichs et al. (2005) estudaram os efeitos de consórcios de milho com leguminosas, como mucuna-anã, guandu-anão, crotalária (*C. spectabilis*), feijão de porco e um tratamento não consorciado, em resposta a época de semeadura do consórcio na entre linha, seja ela simultânea ao milho ou 30 dias após a semeadura. O feijão de porco produziu grande quantidade de fitomassa, com elevado acúmulo de N, P, K, Ca, Mg e S. A produtividade de grãos de milho no primeiro ano de cultivo não foi alterada pelos consórcios com adubos verdes, no entanto, a produção foi beneficiada no segundo ano pelo consórcio com feijão de porco.

Em recente pesquisa, Kappes e Zancanaro (2015) observaram os rendimentos do milho em função dos consórcios simultâneos (verão e safrinha) com *Urochloa ruziziensis*, *Crotalaria ochroleuca*, *C. juncea* e *C. spectabilis* nas modalidades de semeadura na linha, entrelinha e a lanço, em dois espaçamentos de

semeadura (0,45 m e 0,9 m), na implantação do SPD. Foi notado que o milho consorciado com *C. juncea*, no verão, obteve menor produtividade de grãos, porém, forneceu consideráveis quantidades de palhada para a cultura em sucessão. No cultivo de safrinha, o milho exclusivo no espaçamento de 0,45 m entre linhas e os consórcios com *U. ruziziensis* a lanço e *C. spectabilis* na linha de semeadura, obtiveram as maiores produtividades de grãos.

### **2.3. Adubação nitrogenada no feijoeiro em sucessão a gramíneas e leguminosas no SPD**

O feijão é a principal fonte proteica na alimentação de diversas populações da América Latina, Ásia e África, sendo considerada a leguminosa mais importante na alimentação humana. No Brasil, o feijão faz parte da base alimentar diária da população, demonstrando também grande importância social e econômica para os brasileiros. O Brasil é o maior produtor mundial de feijão-comum (*Phaseolus vulgaris*), e suas áreas produtoras se estendem por regiões tropicais e subtropicais, contudo a produtividade média do feijoeiro ainda é baixa (FAGERIA et al., 2015). O feijoeiro destaca-se entre as culturas mais importantes de entressafra, em áreas irrigadas da região Central e Sudeste do Brasil sendo amplamente explorado no SPD, em sucessão a sistemas de cultivo de milho exclusivo e consorciados (KLUTHCOUSKI et al., 2000; FIORENTIN et al., 2012; SORATTO et al., 2013; CARMEIS FILHO et al., 2014; MINGOTTE, 2015).

Existem fatores que limitam a produtividade do feijoeiro, sendo o mais importante deles o N, especialmente em solos de Cerrado (FAGERIA; SANTOS, 2008; FAGERIA; MELO; OLIVEIRA, 2013). O N é classificado como macronutriente primário, por ser o elemento extraído e exportado em maior quantidade pelo feijoeiro (PERES et al., 2013), atuando no crescimento vegetal, expansão da área foliar, desenvolvimento e a atividade de raízes, beneficiando absorção de nutrientes e estando relacionado ao aumento da taxa fotossintética, a qual interfere diretamente no acúmulo de fitomassa e na produtividade de grãos (FAGERIA et al., 2013; 2015). O N também apresenta função estrutural nas plantas, participando da composição

de aminoácidos, enzimas, ácidos nucleicos, flavonóides e da clorofila (BUCHANAN; GRUISSEM; JONES, 2000).

As principais formas de N absorvidas pelas plantas são os íons amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) e nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), sendo que no solo elas representam apenas 5% do N total, estando os outros 95% na forma orgânica (MARSCHNER, 2012), tornando-se necessária a adubação nitrogenada para disponibilizar N, suprimindo as demandas nutricionais da cultura. Por outro lado, a adubação nitrogenada em excesso favorece o crescimento vegetativo exagerado do feijoeiro, que promove o autosombreamento, prejudicando a taxa fotossintética, e conseqüentemente, a produção de fotoassimilados (CARDOSO, 2011). Embora o feijoeiro realize fixação simbiótica de N com bactérias do gênero *Rhizobium*, a quantidade assimilada é inferior às exigências nutricionais da cultura (BRITO; MURAOKA; SILVA, 2011), fazendo-se necessária a adubação nitrogenada.

Neste contexto, a fonte, a adequação da dose, assim como a época e a forma de aplicação do N, são temas relevantes de pesquisa, visando à redução das perdas de N e a adequação da dose mais eficiente, especialmente em SPD (KLUTHCOUSKI et al., 2003; CRUSCIOL et al., 2007; GOMES JUNIOR; SÁ; VALÉRIO FILHO, 2008; BINOTTI et al., 2009; OLIVEIRA et al., 2010; SORATTO et al., 2013; CARMEIS FILHO et al., 2014; AMARAL et al., 2016).

Soratto et al. (2013) avaliaram as respostas do feijoeiro a épocas de aplicação de N, em SPD, após cultivo de milho exclusivo ou consorciado com braquiária. O aporte de N elevou os teores de N foliar, o número de vagens por planta e a produtividade de grãos do feijoeiro cultivado na palhada de milho exclusivo. O milho consorciado com a braquiária, em relação ao milho exclusivo, diminuiu a necessidade de N para o feijoeiro semeado na sequência, fato atribuído a maior produção de biomassa e ciclagem de N no solo. A antecipação da adubação nitrogenada, e o fornecimento de N na semeadura do feijoeiro, não apresentaram diferença significativa na produtividade de grãos em comparação a aplicação em cobertura.

Arf et al. (2011) verificaram a influência de fontes e épocas de aplicação de N sobre feijoeiro, em SPD. Apenas o teor de N nos trifólios do feijoeiro foi afetado pelas fontes de N, na safra de 2006, e as populações inicial e final de plantas foram

afetadas pela aplicação de todo o N na semeadura na mesma safra, porém não foi notado o mesmo na safra 2007. Na safra de 2006 a adubação nitrogenada, em média, dobrou a produtividade de grãos, independentemente da época aplicada. A produtividade de grãos de feijoeiro não foi afetada pelas épocas de aplicação.

Silveira e Gonzaga (2017) reportaram que o medidor portátil de clorofila pode estimar o índice de suficiência de N e os níveis de adubação nitrogenada em cobertura no feijoeiro, pois a leitura obtida pelo clorofilômetro correlaciona-se positivamente com os teores de N foliar, tornando-se uma alternativa prática para a recomendação da adubação nitrogenada em cobertura. Conforme relatado na literatura, para o feijoeiro semeado em SPD, o incremento de doses de N em cobertura aumenta linearmente os teores de N foliar e a produtividade de grãos de feijão, seja em sucessão a sistemas de cultivo de milho consorciado com gramíneas (CRUSCIOL et al., 2007; CARMEIS FILHO et al. 2014; SORATTO et al., 2017) ou com leguminosas (OLIVEIRA et al., 2010).

#### **2.4. Atributos qualitativos dos grãos de feijão em função de doses de N em cobertura no SPD**

Os atributos qualitativos do feijoeiro podem ser divididos em três propriedades (LEMOS; MINGOTTE; FARINELLI, 2015): qualidade comercial (cor do tegumento, brilho, tamanho e formato dos grãos), nutricional (teor de proteína bruta, aminoácidos, carboidratos e sais minerais nos grãos) e culinária (capacidade de hidratação dos grãos, tempo para cozimento, cor do caldo, sabor e textura). Os padrões de consumo do feijão são intimamente ligados aos seus atributos qualitativos (CARBONELL et al., 2010; FARINELLI; LEMOS, 2010; GOMES JUNIOR; SÁ, 2010; CARMEIS FILHO et al., 2014). Na literatura, grande parte dos trabalhos relacionados aos atributos qualitativos, são em função de genótipos de feijão (CARBONELL et al., 2008; 2010; GOMES JUNIOR; SÁ, 2010), sendo necessárias maiores informações sobre a influência dos sistemas de cultivo anterior e as resposta do feijão a doses de N em cobertura (FARINELLI; LEMOS, 2010; CARMEIS FILHO et al., 2014; AMARAL et al., 2016).

A cultivar de feijão IAC Alvorada, por exemplo, apresenta hábito de crescimento semiereto (tipo III), com resistência moderada à antracnose, elevada massa de 100 grãos (27,5 g), com ciclo de 92 dias da emergência à maturação fisiológica, cor da flor branca, cor da vagem seca palha, com produtividade média de 2.614 kg ha<sup>-1</sup> em condições irrigadas, apresentando potencial produtivo de 4.350 kg ha<sup>-1</sup>. Considerando a resistência destes grãos, tipo carioca, ao escurecimento, assim como o tamanho dos mesmos (peneiras de malhas 14 e 13), a cultivar IAC Alvorada é classificada como de alta qualidade de grãos (CARBONELL et al., 2008).

Carbonell et al. (2010) relataram que o rendimento de peneira de grãos de feijão é um atributo muito estudado nos programas de melhoramento genético, por classificar os grãos em relação ao tamanho e formato e apresentar elevada influência genética, a qual apresenta interações com o ambiente de cultivo. Fiorentin et al. (2012) avaliaram o rendimento de peneira de grãos de feijão, da cultivar Pérola no SPD, em função do cultivo anterior de milho e *Urochloa ruzizensis* exclusivos ou consorciados, e das doses de 0, 40, 80, 120 e 160 kg ha<sup>-1</sup> de N em cobertura, não verificando a influência das doses de N em cobertura, mas observaram menor quantidade de grãos retidos no fundo do conjunto de peneiras para o feijoeiro em sucessão a *U. ruzizensis* exclusiva em comparação ao milho exclusivo.

Farinelli e Lemos (2010) notaram o incremento do teor de proteína bruta no grão de feijão em função do aporte de N em cobertura, utilizando as doses de 0, 40, 80, 120 e 160 kg ha<sup>-1</sup> de N, tanto no preparo convencional do solo, quanto no SPD. Em relação às doses de N utilizadas, houve redução do tempo para cozimento dos grãos cultivados em SPD, quando comparado ao preparo convencional do solo, que exibiu resposta quadrática à adubação nitrogenada. O tempo para a máxima hidratação dos grãos, nos dois sistemas de preparo do solo, aumentou até a dose de 120 kg ha<sup>-1</sup> de N. No SPD, foi observada correlação negativa entre o tempo para cozimento e tempo para a máxima hidratação dos grãos.

Após quatro anos de implantação do SPD, Carmeis Filho et al. (2014) avaliaram os atributos qualitativos da cultivar de feijão IAC Formoso, em função dos sistemas de cultivo anterior e de doses de N em cobertura, e obtiveram maior rendimento de peneira de grãos graúdos após o consórcio de milho com *U. ruzizensis*. Os autores observaram redução do tempo para o cozimento dos grãos, a

medida que ocorreu o aporte de N em cobertura para o feijoeiro cultivado após o milho exclusivo, sendo que a relação de hidratação não foi alterada pelos tratamentos testados.

Amaral et al. (2016) investigaram a influência da adubação nitrogenada em doses (0, 40, 80, 120 e 160 kg ha<sup>-1</sup>) de nitrogênio em cobertura, em sucessão a sistemas de cultivo de milho e *U. ruziziensis* exclusivos ou milho consorciado com *U. ruziziensis*, constatando acréscimo do teor de proteína bruta e do tempo de cozimento dos grãos, na cultivar de feijão IPR Andorinha.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Características e histórico da área

O experimento foi instalado na cidade de Jaboticabal-SP, localizado na latitude de 21° 14' 59" S e longitude de 48° 17' 13" W, a altitude média de 565 metros acima do nível do mar, região que apresenta clima Aw (tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno) segundo classificação de Köppen.

O solo da área experimental foi classificado, de acordo com suas características pedológicas, em Latossolo Vermelho eutroférico de textura argilosa (ANDRIOLI; CENTURION, 1999; EMBRAPA, 2013), com 500 g kg<sup>-1</sup> de argila, 210 g kg<sup>-1</sup> de silte e 290 g kg<sup>-1</sup> de areia. O solo foi cultivado anteriormente com culturas anuais (milho, feijão, soja e arroz) no sistema de preparo físico convencional, ocorrendo nos anos anteriores ao início do experimento a sucessão de soja e milho com maior frequência. Após a colheita do milho de segunda safra no ano de 2015, o solo permaneceu em pousio até a implantação do experimento. No período subsequente, foi semeado o milheto [*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.] na primavera, ocorrendo a posterior semeadura do milho (*Zea mays* L.) no verão, em sistema exclusivo e consorciado com braquiária (*Urochloa ruziziensis*) e crotalária (*Crotalaria spectabilis* Roth), possibilitando o sistema de plantio direto (SPD) do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) no inverno.

### 3.2. Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados em esquema de parcelas subdivididas, com 15 tratamentos arranjados em quatro blocos, totalizando 60 subparcelas. As parcelas foram constituídas por três sistemas de cultivo (SC) anteriores ao feijoeiro de inverno, contendo milho exclusivo ( $SC_M$ ), milho consorciado com *U. ruziziensis* ( $SC_{M+B}$ ) e milho consorciado com *C. spectabilis* ( $SC_{M+C}$ ), como descrito na Tabela 1.

**Tabela 1.** Descrição dos sistemas de cultivo (SC) em sucessão de culturas e época de semeadura do milho, milho exclusivo e consorciado com *Urochloa ruziziensis* ou *Crotalaria spectabilis*, Jaboticabal-SP, safra 2015/2016.

Sistema de Cultivo	Safra de Primavera	Safra de Verão	Safra de Inverno
$SC_M^{(1)}$	Milheto	Milho exclusivo	Feijoeiro
$SC_{M+B}^{(2)}$	Milheto	Milho consorciado <i>U. ruziziensis</i>	Feijoeiro
$SC_{M+C}^{(3)}$	Milheto	Milho consorciado <i>C. spectabilis</i>	Feijoeiro
Data semeadura	21/09/2015	28/11/2015	21/06/2016

<sup>(1)</sup> Sistema de cultivo de milho exclusivo na sucessão. <sup>(2)</sup> Sistema de cultivo de milho consorciado com *U. ruziziensis* na sucessão. <sup>(3)</sup> Sistema de cultivo de milho consorciado com *C. spectabilis* na sucessão.

As subparcelas foram compostas por cinco doses de N, aplicadas em cobertura no feijoeiro irrigado em SPD, sendo 0, 50, 100, 150 e 200 kg ha<sup>-1</sup>, fornecidas no estágio de desenvolvimento V<sub>4-4</sub>, quando 50% das plantas apresentavam o quarto trifólio completamente expandido (AMBROSANO et al., 1997). Como fonte de N em cobertura, foi aplicada a ureia revestida com polímeros Kimcoat<sup>®</sup> (REIS JÚNIOR, 2007), em filete contínuo a 10 cm da linha da cultura, com incorporação via 15 mm de lâmina de água por irrigação tipo aspersão convencional (HANGROVE, 1988).

Cada subparcela foi formada por seis linhas de feijoeiro espaçadas a 0,45 m e com 5 m de comprimento, perfazendo área total de 11,25 m<sup>2</sup>. Para a área útil foram consideradas as quatro linhas centrais, desprezando-se 0,45 m em cada extremidade, totalizando 6,75 m<sup>2</sup>.

### 3.3. Implantação e condução do experimento

Foram feitas amostragens de solo precedendo a semeadura do milho, dos sistemas de cultivo de milho ( $SC_M$ ,  $SC_{M+B}$  e  $SC_{M+C}$ ) e do feijoeiro, tendo como objetivo determinar os atributos químicos do solo (RAIJ et al., 2001) na camada 0-20 cm, obtendo-se os valores da Tabela 2.

No dia 21/09/2015, foi semeado mecanicamente na área total do experimento a cultivar de milho ADR-300, no espaçamento entrelinhas de 0,45 m, totalizando 14 kg ha<sup>-1</sup> de sementes (PEREIRA FILHO et al., 2003). A cultura foi dessecada com glifosato potássico (1302 g ia ha<sup>-1</sup>) e cletodim (108 g ia ha<sup>-1</sup>), aos 12 dias antecedentes à semeadura dos sistemas de cultivo de milho. Durante o período de desenvolvimento do milho na área experimental, a precipitação pluvial acumulada foi de 53 mm, sendo complementados com irrigação por aspersão convencional de 220,5 mm acumulados.

**Tabela 2.** Atributos químicos do solo, na profundidade de 0-20 cm, através de análise química preliminar à semeadura direta do milho, sistemas de cultivo de milho e feijoeiro em sucessão, Jaboticabal-SP, safra 2015/2016.

Atributos	Análise prévia ao milho	Análise prévia aos sistemas de cultivo de milho	Análises prévias ao feijoeiro		
			$SC_M^{(1)}$	$SC_{M+B}^{(2)}$	$SC_{M+C}^{(3)}$
pH (CaCl <sub>2</sub> )	5,6	5,5	5,5	5,3	5,5
MO (g dm <sup>-3</sup> )	24	29	20	19	19
P (mg dm <sup>-3</sup> )	41	47	40	43	50
S (mg dm <sup>-3</sup> )	-	6	4	3	3
K (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	5,7	8,2	5,7	5,1	4,6
Ca (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	30	36	31	31	32
Mg (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	14	16	16	15	15
H+Al (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	28	35	21	33	21
CTC (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	78	96	74	85	73
V (%)	64	64	72	61	71

<sup>(1)</sup> Sistema de cultivo de milho exclusivo. <sup>(2)</sup> Sistema de cultivo de milho consorciado com *U. ruziziensis*. <sup>(3)</sup> Sistema de cultivo de milho consorciado com *C. spectabilis*.

Em 28/11/2015 foi realizada a semeadura mecânica do milho híbrido AS 1633 PRO 2, na densidade populacional de 60.000 plantas ha<sup>-1</sup>, com linhas espaçadas em 0,9 m. Simultaneamente, foi semeada na entrelinha do milho a braquiária (*U. ruziziensis* cv. Comum) e a crotalária (*C. spectabilis* cv. Comum), em fileiras

duplas espaçadas 0,22 m, distribuindo-se 10 kg ha<sup>-1</sup> de sementes de braquiária (KLUTHCOUSKI et al., 2000) e 12 kg ha<sup>-1</sup> de crotalaria, com o objetivo de estabelecer uma população final de 4 a 5 plantas por metro (OLIVEIRA et al., 2010). Na adubação de semeadura do milho foram utilizados 19 kg ha<sup>-1</sup> de N, 67 ha<sup>-1</sup> kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 38 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O via formulado comercial 08-28-16, para uma alta classe de resposta à adubação.

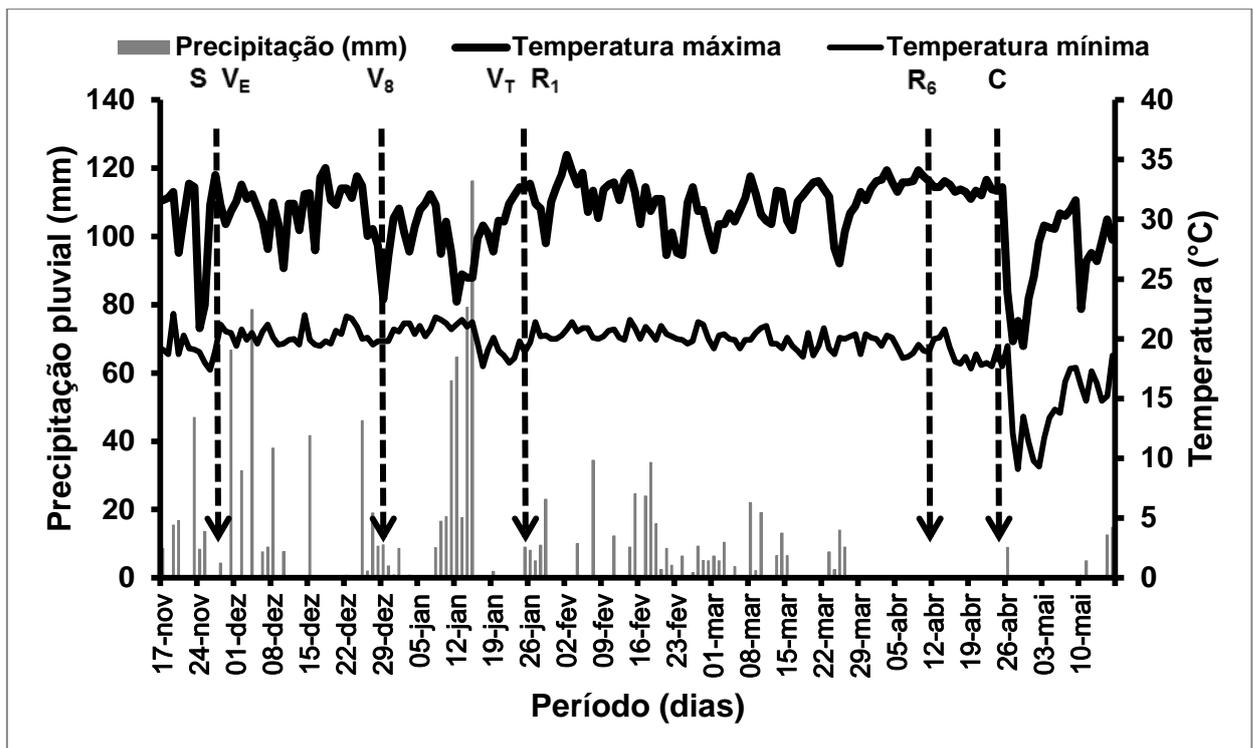
Para a adubação de cobertura foram aplicados 60 kg ha<sup>-1</sup> de N e 20 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O via formulado comercial 30-00-10 mais 36 kg ha<sup>-1</sup> de N e 39 kg ha<sup>-1</sup> de S via sulfato de amônio, aplicados manualmente em filete contínuo, superficialmente ao solo a 10 cm da linha do milho, quando a cultura apresentava-se no estágio fenológico V<sub>6</sub>, de acordo com as recomendações de Rajj e Cantarella (1997) e Fornasieri Filho (2007). Com o objetivo de mitigar as perdas por volatilização do N, pela utilização de uma fórmula a base de ureia, realizou-se irrigação de 15 mm de lâmina de água logo em seguida à adubação de cobertura. Realizou-se o controle fitossanitário no milho por monitoramento, conforme a incidência de plantas invasoras, pragas e doenças. O manejo químico de plantas daninhas foi feito no SC<sub>M</sub> e SC<sub>M+B</sub> utilizando os herbicidas glifosato potássico (1302 g ia ha<sup>-1</sup>) e atrazina (1500 g ia ha<sup>-1</sup>), respectivamente. Contudo no SC<sub>M+C</sub> não foi utilizado o manejo químico das plantas invasoras, conforme relatado na literatura (NOGUEIRA; CORREIA, 2016). O controle de insetos pragas e doenças foram realizados com a aplicação de metomil (129 g ia ha<sup>-1</sup>) e difenoconazol (70 g ia ha<sup>-1</sup>).

A colheita do milho, tanto o exclusivo quanto o consorciado, foi realizada mecanicamente no dia 05/05/2016. Aos 10 dias antecedentes a semeadura do feijoeiro, as plantas da área total do experimento foram dessecadas, com os herbicidas glifosato potássico (1302 g ia ha<sup>-1</sup>) e cletodim (108 g ia ha<sup>-1</sup>).

Os dados climáticos referentes à precipitação pluvial, assim como as temperaturas máxima e mínima, durante o período de desenvolvimento dos sistemas de cultivo de milho na safra de verão estão na Figura 1.

No cultivo do feijoeiro, safra de inverno 2016, utilizou-se a cultivar IAC Alvorada (CARBONELL et al., 2008). Foram distribuídas mecanicamente 15 sementes por metro (80% de germinação) no espaçamento de 0,45 m entrelinhas, em semeadura direta sobre a palhada no dia 21/06/2016. As sementes foram

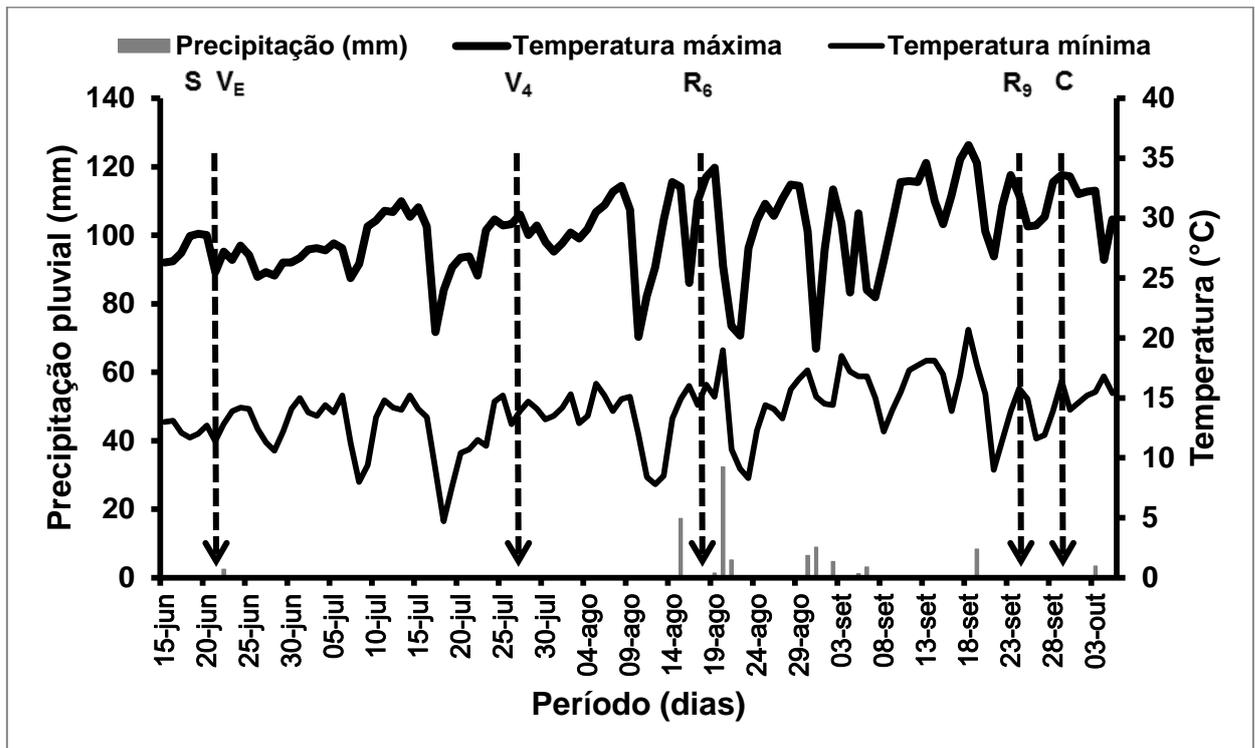
tratadas com piraclostrobina + tiofanato metílico + fipronil (5 g, 45 g e 50 g de ia por 100 kg de sementes, respectivamente). O feijoeiro foi irrigado por aspersão convencional, com turno de rega de 4 a 6 dias, utilizando-se 10 a 15 mm de lâmina de água por turno, dependendo da fase de desenvolvimento das plantas, de acordo com recomendações de Pavani, Lopes e Galbeiro (2008).



**Figura 1.** Precipitação pluvial (mm), temperaturas máxima e mínima do ar (°C), a cada sete dias, nos meses de novembro de 2015 a maio de 2016, referentes ao ciclo dos sistemas de cultivo de milho. S: semeadura (28/11/2015); V<sub>E</sub>: emergência (02/12/2015); V<sub>8</sub>: oitava folha completamente expandida (28/12/2015); V<sub>T</sub>: pendoamento (23/01/2016); R<sub>1</sub>: florescimento feminino (28/01/2016); R<sub>6</sub>: maturidade fisiológica (12/04/2016); C: colheita (26/04/2016). Fonte: Estação Agroclimatológica Departamento de Ciências Exatas da FCAV/UNESP - Campus de Jaboticabal, SP.

A adubação de semeadura foi feita com 8 kg de N ha<sup>-1</sup>, 40 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> e 40 kg de K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> via formulado comercial 04-20-20. O controle de plantas invasoras foi realizado através da aplicação dos herbicidas pós-emergentes bentazona + imaxamoxi (600 e 28 g ha<sup>-1</sup> de ia) e tepraloxidim (100 g ha<sup>-1</sup> de ia), nos estádios fenológicos V2 e V3, respectivamente.

Efetuu-se o controle de insetos-praga e doenças através do uso de inseticidas e fungicidas, aplicando isoladamente os princípios ativos clorpirifós ( $480 \text{ g ia ha}^{-1}$ ), clorfenapir ( $240 \text{ g ia ha}^{-1}$ ), tiametoxam ( $50 \text{ g ia ha}^{-1}$ ), piraclostrobina ( $75 \text{ g ia ha}^{-1}$ ) e metconazol ( $40 \text{ g ia ha}^{-1}$ ) + piraclostrobina ( $65 \text{ g ia ha}^{-1}$ ). A colheita do feijoeiro (29/09/2016) foi realizada por arranquio manual, sendo distribuído em leiras na área visando maior ventilação para facilitar a secagem a pleno sol. Quando as plantas apresentavam as hastes desfolhadas e 90% das vagens secas, foi realizada a trilha mecanizada do material colhido de cada parcela. Os dados climáticos relativos à precipitação pluvial, assim como as temperaturas máxima e mínima durante o período de desenvolvimento do feijoeiro na safra de inverno, estão na Figura 2.



**Figura 2.** Precipitação pluvial (mm), temperaturas máxima e mínima do ar (°C), a cada cinco dias, nos meses de junho a outubro de 2016, referentes ao ciclo do feijoeiro. S: semeadura (21/06/2016); V<sub>E</sub>: emergência (26/06/2016); V<sub>4</sub>: terceiro trifólio completamente expandido (28/07/2016); R<sub>6</sub>: florescimento pleno (18/08/2016); R<sub>9</sub>: maturidade fisiológica (26/09/2016); C: colheita (29/09/2016). Fonte: Estação Agroclimatológica Departamento de Ciências Exatas da FCAV/UNESP - Campus de Jaboticabal, SP.

### 3.4. Avaliações

#### 3.4.1. Atributos agronômicos do milho em função do cultivo exclusivo e consorciado com *U. ruziziensis* ou *C. spectabilis*

No cultivo de milho exclusivo, consorciado com braquiária e com crotalária foram avaliadas as seguintes variáveis:

**a) teor de nitrogênio foliar ( $\text{g kg}^{-1}$ )** - por ocasião do florescimento feminino - R<sub>1</sub> (RITCHIE; HANWAY; BENSON, 2003), foram coletados os terços centrais de dez folhas abaixo e opostas à espiga principal, em dez plantas seguidas por parcela. As folhas foram lavadas com água corrente e detergente a 1%, secas em estufa com circulação forçada de ar a 60-70°C; e em seguida foram processadas em moinho tipo Wiley e se determinou o teor de N, segundo método de Malavolta, Vitti e Oliveira (1997);

**b) altura de planta (cm)** - foi medida por ocasião da maturidade fisiológica em cinco plantas seguidas por parcela, época em que os grãos apresentavam a camada negra (R<sub>6</sub>) no ponto de inserção com o sabugo, medindo-se com o auxílio de uma régua graduada a distância entre o colo da planta e a inserção da última folha;

**c) altura de inserção da espiga principal (cm)** - foi realizada medindo-se a distância entre o colo da planta e a inserção da espiga principal, em amostras de cinco plantas seguidas, dentro da área útil de cada parcela;

**d) diâmetro do colmo (mm)** - foi medido utilizando-se um paquímetro no segundo entrenó acima das raízes adventícias (expresso em milímetros) de cinco plantas seguidas, dentro da área útil de cada parcela;

**e) comprimento de espiga (cm)** - na colheita foram retiradas cinco espigas representativas na área útil de cada parcela, e foi medido com o auxílio de uma régua graduada o comprimento de cada espiga;

**f) massa da espiga (g)** - foi determinado por meio da pesagem de cinco espigas, calculando-se a massa média de cada espiga sem palha;

**e) diâmetro da espiga e do sabugo (mm)** - foram mensurados os diâmetros da parte mediana de cinco espigas, através do uso de um paquímetro digital, medindo o diâmetro das espigas com e sem grãos;

**f) número de fileiras, grãos por fileira e grãos por espiga** - no momento da colheita foram retiradas cinco espigas seguidas, em cada parcela, para contagem do número de fileiras e de grãos em cada fileira, calculando assim o número de grãos por espiga;

**f) massa de 1000 grãos (g)** - determinada pela coleta ao acaso de quatro amostras de 1000 grãos, realizando-se a pesagem com correção dos valores para  $0,13 \text{ kg kg}^{-1}$  em base úmida;

**g) produtividade de grãos ( $\text{t ha}^{-1}$ )** - após a maturidade dos grãos, foi efetuada a colheita manual das espigas da área útil em cada parcela, sendo posteriormente trilhadas mecanicamente, determinando-se a produtividade de grãos, corrigindo-se o teor de água para  $0,13 \text{ kg kg}^{-1}$  em base úmida;

**h) índice de colheita** - foi obtido após a maturidade fisiológica ( $R_6$ ) pela relação percentual entre a matéria seca de grãos e a matéria seca total da parte aérea (fitomassa total), em cinco plantas na área útil de cada parcela.

### **3.4.2. Cobertura vegetal do milho exclusivo e consorciado com *U. ruziziensis* ou *C. spectabilis***

Foram avaliados aspectos relacionados à produção e à qualidade da palhada 15 dias antes da semeadura do feijoeiro:

**a) recobrimento da superfície do solo (%)** - de acordo com o método descrito por Laflen, Amemiya e Hintz (1981), que consta na distribuição aleatória de uma fita de

15 m de comprimento, graduada a cada 15 cm, totalizando 100 pontos na superfície da área útil de cada parcela verificando-se a porcentagem de incidência dos pontos com a ocorrência de palhada;

**b) quantidade de palhada ( $t\ ha^{-1}$ )** - foi utilizado quadro de madeira com dimensões internas de 0,5m x 0,5m, sendo coletadas amostras correspondentes a cada parcela, as quais foram submetidas à lavagem e secas em estufa de ventilação forçada de ar a 65-70°C até massa constante;

**c) teor ( $g\ kg^{-1}$ ) e acúmulo de nitrogênio na palhada ( $kg\ ha^{-1}$ )** - após a determinação da quantidade de palhada produzida, o material foi submetido à lavagem em água deionizada, colocada em estufa de circulação de ar forçada a 65-70°C até massa constante, moído e levado para digestão e determinação do teor de N de acordo com método descrito por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997). Com os resultados da quantidade de palhada (matéria seca) produzida e os respectivos teores de N, foi calculado o acúmulo do nutriente nos sistemas de cultivo antecessores ao feijoeiro.

### **3.4.3. Atributos agronômicos do feijoeiro em função das doses de nitrogênio em cobertura em sucessão aos sistemas de cultivo de milho exclusivo e consorciado com *U. ruziziensis* ou *C. spectabilis***

Na cultura do feijoeiro de inverno foram avaliadas as características relacionadas aos atributos agronômicos, conforme descrito a seguir:

**a) população inicial e final ( $mil\ plantas\ ha^{-1}$ )** - foram realizadas contagens de plântulas na emergência e de plantas por ocasião da colheita, em duas linhas centrais na área útil de cada subparcela, cujos valores foram utilizados para a obtenção do número de plantas por hectare;

**b) massa seca da parte aérea ( $g\ planta^{-1}$ )** - mediante a coleta de cinco plantas no florescimento pleno, na área útil de cada subparcela, as quais foram lavadas e secas

em estufa de ventilação forçada de ar a 60-70°C por 72 horas, e em seguida pesadas, convertendo os valores para  $\text{g planta}^{-1}$ ;

**c) número de trifólios por planta** - determinou-se o número de trifólios completamente desenvolvidos em cinco plantas em  $R_6$  em uma linha de cultivo de cada subparcela;

**d) teor de nitrogênio foliar ( $\text{g kg}^{-1}$ )** - foi coletada, no florescimento da cultura, a terceira folha trifoliada com pecíolo, do terço médio de 30 plantas de cada subparcela, de acordo com as recomendações de Ambrosano et al. (1997). As folhas foram submetidas à lavagem em água deionizada por três vezes, colocada em estufa de circulação de ar forçada sob temperatura de 65 a 70 °C até massa constante. Depois de secas foram moídas e levadas para digestão e determinação do teor de N de acordo com método descrito por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997);

**e) índice relativo de clorofila** - no florescimento pleno do feijoeiro ( $R_6$ ) realizou-se a leitura do índice SPAD (“Soil Plant Analysis Development”), com o aparelho CCM-200 “Chlorophyll Content Meter - Opti-Sciences®” (KNIGHTON; BUGBEE, 2002; SILVEIRA; GONZAGA, 2017) no terceiro trifólio do terço médio, na região mediana em cada folíolo, em trinta plantas por subparcela, entre as 08h00min e 10h00min;

**f) número de vagens por planta e de grãos por vagem** - antes da colheita do feijoeiro, em uma das linhas da área útil de cada subparcela, foram coletadas dez plantas consecutivas para a determinação do número de vagens por planta e do número de grãos por vagem;

**g) massa de 100 grãos (g)** - amostras provenientes da avaliação anterior foram utilizadas para contagem de 4 subamostras de 100 grãos por subparcela, e realização das pesagens com padronização dos resultados para  $0,13 \text{ kg kg}^{-1}$ , em base úmida;

**h) produtividade de grãos ( $\text{kg ha}^{-1}$ )** - obtida após arranquio manual e trilha mecanizada das plantas presentes nas quatro linhas centrais de cada subparcela, com determinação do teor de água dos grãos, padronizando-se para  $0,13 \text{ kg kg}^{-1}$  em base úmida;

**i) eficiência agrônômica ( $\text{kg kg}^{-1}$ )** - através da fórmula  $EA = (PG_{cf} - PG_{sf}) / (QN_a)$ , em que  $PG_{cf}$  é a produção de grãos com fertilizante nitrogenado;  $PG_{sf}$  é a produção de grãos sem fertilizante nitrogenado; e  $QN_a$  é a quantidade de N aplicado em kg, segundo procedimento descrito em Fageria e Baligar (2005).

#### **3.4.4. Atributos qualitativos dos grãos do feijoeiro em função do sistema de cultivo e das doses de nitrogênio em cobertura**

Após a colheita do feijoeiro, amostras de grãos de cada subparcela foram acondicionadas em sacos de papel e armazenadas por 30 dias em câmara seca a temperatura de  $25^\circ\text{C}$  e umidade relativa de 40%. Após esse período, foram avaliados os atributos qualitativos dos grãos, conforme descrito a seguir:

**a) rendimento de peneira (%)** - as amostras de grãos foram submetidas ao conjunto de peneiras de crivos oblongos  $11/64'' \times 3/4$  ( $4,37 \times 19,05 \text{ mm}$ ),  $12/64'' \times 3/4$  ( $4,76 \times 19,05 \text{ mm}$ ),  $13/64'' \times 3/4$  ( $5,16 \times 19,05 \text{ mm}$ ),  $14/64'' \times 3/4$  ( $5,56 \times 19,05 \text{ mm}$ ),  $15/64'' \times 3/4$  ( $5,96 \times 19,05 \text{ mm}$ ) e maior ou igual a  $12/64'' \times 3/4$  ( $4,76 \times 19,05 \text{ mm}$ ) em agitação por um minuto, determinando-se o rendimento de peneira. O percentual de grãos foi calculado por meio da relação entre o peso dos grãos retidos em cada peneira e o peso total da amostra de cada subparcela;

**b) teor de proteína bruta ( $\text{g kg}^{-1}$ )** - determinado pela fórmula  $TPB = N \text{ total} \times 6,25$  (AOAC, 2016), em que o N total representou o respectivo teor total de N nos grãos provenientes de cada subparcela, obtido pela digestão sulfúrica, de acordo com Malavolta, Vitti e Oliveira (1997);

**c) tempo para cozimento (minutos)** - amostras homogêneas de grãos classificados em peneira de furos oblongos  $13/64'' \times 3/4$  ( $5,16 \times 19,05 \text{ mm}$ ) foram submetidas ao cozedor de Mattson, descrito por Durigan (1979), que consta de 25 estiletes verticais, cada um com peso de 90 gramas, terminados em ponta de  $1/16''$

de diâmetro. A ponta fica apoiada no grão de feijão durante o cozimento e quando o grão encontra-se cozido a ponta penetra, deslocando o estilete. O tempo final para cozimento da amostra foi obtido quando 50% + 1, ou seja, quando 14 estiletos foram deslocados. Para essa determinação os grãos foram hidratados em água destilada por 12 horas. Durante a condução do teste a temperatura da água foi mantida a 96°C. Para verificar o nível de resistência ao cozimento adotou-se a escala de Proctor e Watts (1987), Tabela 3;

**Tabela 3.** Valores de referência para o tempo de cozimento nos grãos de feijão segundo a escala de Proctor e Watts (1987) <sup>(1)</sup>.

Tempo para cozimento (minutos)	Nível de resistência ao cozimento
< 16	Muito suscetível
16 – 20	Suscetibilidade média
21 – 28	Resistência normal
29 – 32	Resistência média
33 – 36	Resistente
> 37	Muito resistente

<sup>(1)</sup> Fonte: Proctor e Watts (1987).

**d) capacidade de hidratação dos grãos** - amostras de grãos provenientes de cada subparcela foram homogeneizadas e classificadas em peneira de furos oblongos 13/64" x 3/4 (5,16 x 19,05 mm) e, submetidas ao procedimento descrito por Durigan (1979), utilizando uma proveta com capacidade de 500 mL e precisão de 5 mL, e béqueres com capacidade de 250 mL. Em cada béquer foi colocada uma amostra de 50 gramas de grãos previamente escolhidos, adicionando-se 200 mL de água destilada. De hora em hora num intervalo de 16 horas foram feitas avaliações do volume de água não absorvido pelos grãos, vertendo-a do béquer para a proveta. Ao final do tempo previsto para a hidratação a água em excesso foi drenada e os grãos pesados. Não foram detectados grãos com casca dura. A **relação de hidratação** foi determinada pela razão entre a massa final e a massa inicial dos grãos. Foi aplicado o estudo de regressão polinomial entre o tempo (horas) e a capacidade de hidratação (mL), visando determinar o **tempo de máxima hidratação** dos grãos de feijão. Durante a condução do teste a temperatura da água foi de 25°C.

### 3.5. Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F ( $p < 0,05$ ) e as médias comparadas pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ ) com auxílio do software computacional AgroEstat<sup>®</sup> (BARBOSA; MALDONADO JR, 2015). Quando significativo pelo teste F, foi realizado estudo de regressão polinomial para doses de N e para as interações SC x Doses de N.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Atributos agronômicos do milho em função do cultivo exclusivo e consorciado com *U. ruziziensis* ou *C. spectabilis*

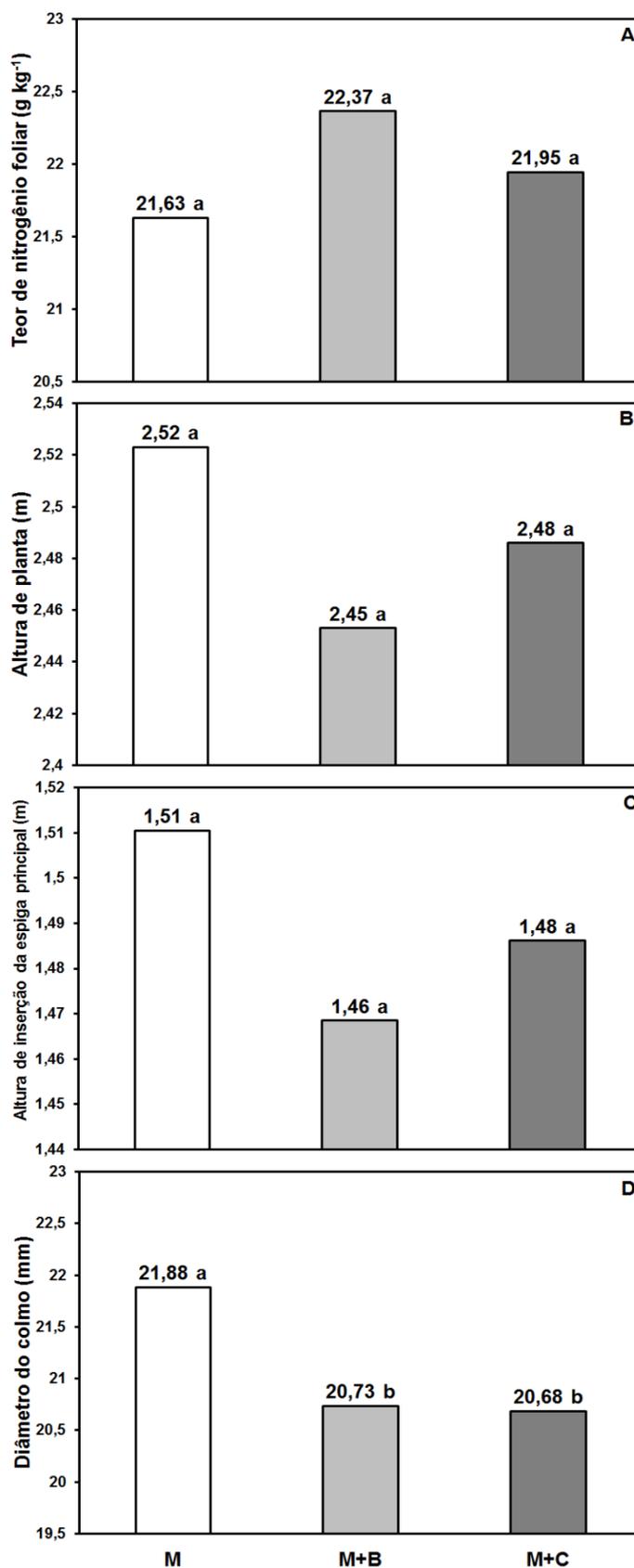
No milho, o teor de nitrogênio foliar não foi alterado por influência dos sistemas de cultivo (Tabela 4), e os valores médios dessa variável não foram ajustados dentro da faixa de 27,5 a 32,5 g kg<sup>-1</sup> de N (Figura 3A), a qual é considerada adequada para a cultura (RAIJ; CANTARELLA, 1997). Possivelmente, por ocorrência da primeira safra em sistema de plantio direto (SPD), período considerado de implantação, a taxa de imobilização de N na camada arável do solo pode atingir valores até um terço superiores aos encontrados no sistema de plantio convencional, reduzindo assim a recuperação deste nutriente pela cultura em sucessão, mesmo em condições adequadas de adubação (VÁZQUEZ; PRIETO, 2016). Silva et al. (2008) avaliaram em casa de vegetação o aproveitamento do nitrogênio de resíduos vegetais pela planta de milho utilizando <sup>15</sup>N marcado, verificando que grande parte do nitrogênio proveniente dos resíduos vegetais não foram absorvidos pelo milho. A menor quantidade de nitrogênio fornecida para o milho foi a proveniente dos resíduos de milheto (5,63%), por apresentar alta relação C:N. A baixa taxa de mineralização desta gramínea coincide com a fase de maior absorção e conseqüente acúmulo de nitrogênio pela planta de milho

**Tabela 4.** Teor de nitrogênio foliar, altura de planta, altura de inserção da espiga principal e diâmetro do colmo do milho em função do sistema de cultivo exclusivo, consorciado com *Urochloa ruziziensis* ou *Crotalaria spectabilis*, Jaboticabal-SP, safra 2015/2016 <sup>(1)</sup>.

Variáveis Avaliadas	Teor de nitrogênio foliar	Altura de planta	Altura de inserção da espiga principal	Diâmetro do colmo
	g kg <sup>-1</sup>	----- m	-----	mm
Média Geral	21,98	2,49	1,49	21,10
CV (%)	12,25	3,52	4,99	4,22
DMS (Tukey - p<0,05)	2,61	0,09	0,07	0,87
Teste F	0,38 <sup>ns</sup>	3,20 <sup>ns</sup>	1,61 <sup>ns</sup>	11,48 <sup>**</sup>

<sup>(1)</sup> Média geral da variável, coeficiente de variação (CV), diferença mínima significativa (DMS) pelo teste Tukey (p<0,05) e valores de F com níveis de significância. <sup>\*\*</sup>Significativo pelo teste F a 1% de probabilidade. <sup>\*</sup>Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade. <sup>ns</sup>Não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

Dentro das características agronômicas avaliadas no milho (Tabela 4), a altura de planta e a altura de inserção da espiga principal não foram influenciadas pelos consórcios de milho (Figura 3B e Figura 3C, respectivamente), como relatado por Borghi et al. (2013) e Ferreira et al. (2014) em semeadura exclusiva de milho e consorciada com *U. ruziziensis*. Diferentemente do observado por Kappes e Zancanaro (2015), que trabalharam com as mesmas modalidades de cultivo de milho (milho exclusivo, milho consorciado com *Urochloa ruziziensis* e milho consorciado com *Crotalaria spectabilis*), verificando menor altura da planta do milho exclusivo em relação aos consórcios. Por outro lado, o diâmetro do colmo do milho cultivado em sistema exclusivo foi maior quando comparado ao dos consórcios (Figura 3D). A redução no diâmetro do colmo dos consórcios de milho com braquiária e de milho com crotalária pode ser causada pela competição interespecífica, que resulta em colmos mais finos e plantas com menor acúmulo de matéria seca. Por se tratar de uma estrutura responsável pelo armazenamento de produtos da fotossíntese, suscetíveis a translocação para a espiga dependendo das condições fisiológicas da planta, pode reduzir a concentração de fotoassimilados determinando assim uma menor circunferência do colmo (FORNASIERI FILHO, 2007; KAPPES et al., 2011).



**Figura 3.** Teor de nitrogênio foliar (A), altura de plantas (B), inserção da espiga principal (C) e diâmetro do colmo (D) do milho nos sistemas de cultivo: milho exclusivo (M), milho consorciado com *Urochloa ruziziensis* (M+B) e milho consorciado com *Crotalaria spectabilis* (M+C), em Jaboticabal-SP, 2015/2016. Médias seguidas de letras iguais, não diferem pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

Os sistemas de cultivo de milho avaliados não tiveram efeito no diâmetro da espiga e do sabugo, comprimento da espiga e massa da espiga (Tabela 5), apesar do SC<sub>M+B</sub> apresentar em média maiores valores para as variáveis diâmetro da espiga, diâmetro do sabugo e massa da espiga (Figura 4), não observando diferenças estatísticas, conforme reportado pela literatura (CUNHA, 2013).

**Tabela 5.** Diâmetro da espiga, diâmetro do sabugo, comprimento da espiga e massa de espiga em função do sistema de cultivo exclusivo, consorciado com *Urochloa ruziziensis* ou *Crotalaria spectabilis*, Jaboticabal-SP, safra 2015/2016 <sup>(1)</sup>.

Variáveis Avaliadas	Diâmetro da espiga	Diâmetro do sabugo	Comprimento da espiga	Massa da espiga
	----- mm -----		cm	g
Média Geral	48,96	27,02	14,38	168,13
CV (%)	3,29	2,59	6,85	10,77
DMS (Tukey - p<0,05)	1,56	0,68	0,96	17,61
Teste F	2,49 <sup>ns</sup>	0,26 <sup>ns</sup>	0,94 <sup>ns</sup>	3,75 <sup>ns</sup>

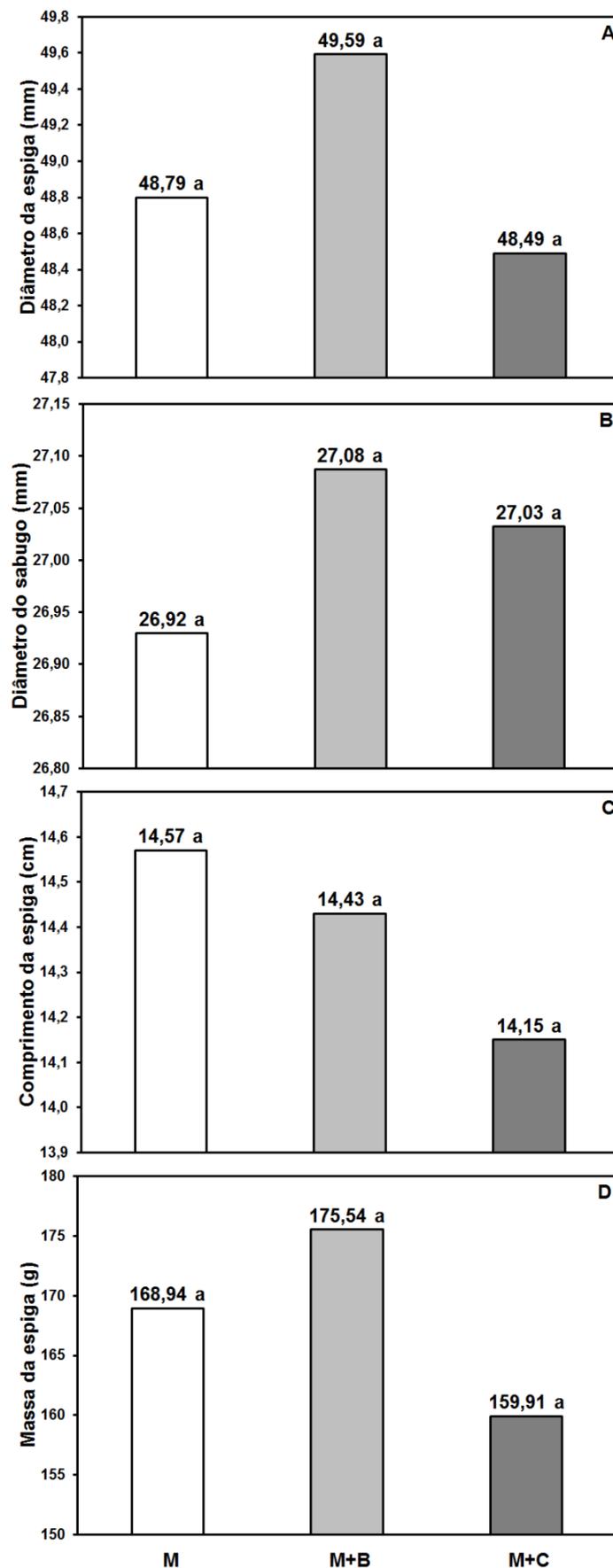
<sup>(1)</sup> Média geral da variável, coeficiente de variação (CV), diferença mínima significativa (DMS) pelo teste Tukey (p<0,05) e valores de F com níveis de significância. \*\*Significativo pelo teste F a 1% de probabilidade. \*Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade. <sup>ns</sup>Não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

Em relação aos componentes de produtividade do milho (Tabela 6), foi verificada diferença significativa no número de fileiras por espiga e número de grãos por espiga, por consequência do efeito dos SC testados (Figura 5A e Figura 5C, respectivamente).

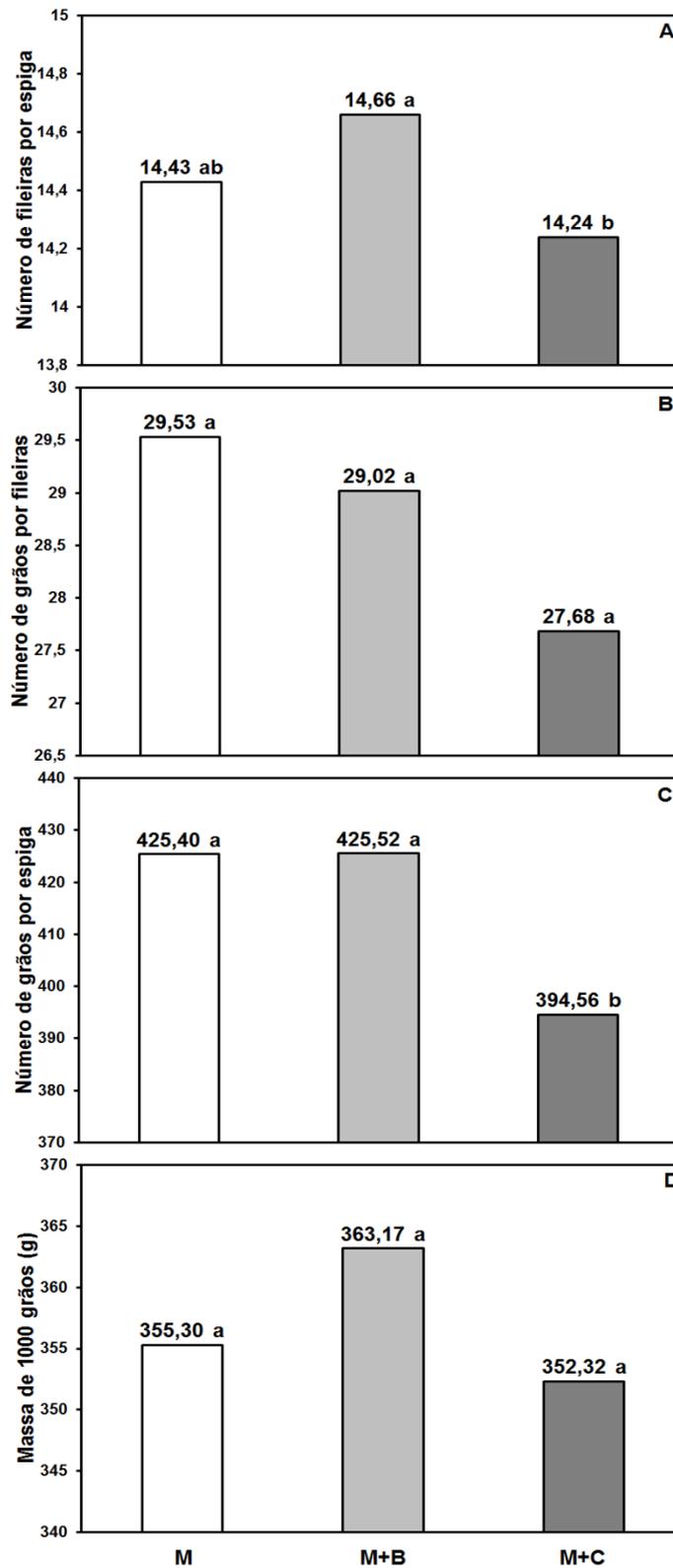
**Tabela 6.** Número de fileiras por espiga, número de grãos por fileira, número de grãos por espiga e massa de mil grãos do milho em função do sistema de cultivo exclusivo, consorciado com *Urochloa ruziziensis* ou *Crotalaria spectabilis*, Jaboticabal-SP, safra 2015/2016 <sup>(1)</sup>.

Variáveis Avaliadas	Número de fileiras por espiga	Número de grãos por fileira	Número de grãos por espiga	Massa de 1000 grãos
	----- n <sup>o</sup> -----			g
Média Geral	14,44	28,75	415,16	356,93
CV (%)	1,69	6,65	6,81	5,86
DMS (Tukey - p<0,05)	0,24	1,85	27,44	20,30
Teste F	14,80**	4,98 <sup>ns</sup>	7,96*	1,43 <sup>ns</sup>

<sup>(1)</sup> Média geral da variável, coeficiente de variação (CV), diferença mínima significativa (DMS) pelo teste Tukey (p<0,05) e valores de F com níveis de significância. \*\*Significativo pelo teste F a 1% de probabilidade. \*Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade. <sup>ns</sup>Não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.



**Figura 4.** Diâmetro da espiga, diâmetro do sabugo, comprimento da espiga e massa de espiga nos sistemas de cultivo: milho exclusivo (M), milho consorciado com *Urochloa ruziziensis* (M+B) e milho consorciado com *Crotalaria spectabilis* (M+C), em Jaboticabal-SP, 2015/2016. Médias seguidas de letras iguais, não diferem pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.



**Figura 5.** Número de fileiras por espiga, número de grãos por fileira, número de grãos por espiga e massa de mil grãos do milho nos sistemas de cultivo: milho exclusivo (M), milho consorciado com *Urochloa ruziziensis* (M+B) e milho consorciado com *Crotalaria spectabilis* (M+C), em Jaboticabal-SP, 2015/2016. Médias seguidas de letras iguais, não diferem pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

O número de grãos por espiga corroboraram com os resultados encontrados por Borghi et al. (2013) e Souza (2016), nos quais não houve diferença entre o  $SC_M$  e  $SC_{M+B}$  e o último autor identificou no  $SC_M$  o número de grãos por espiga maior do que o do  $SC_{M+C}$ , diferindo dos dados encontrados no trabalho de Santos et al. (2010), em que o  $SC_{M+C}$  apresentou maior número de grãos por espiga quando comparado ao  $SC_M$ . Porém, quando foram avaliados os dados referentes ao número de grãos por fileira e massa de mil grãos, não foram observados os efeitos dos tratamentos investigados (Figura 5B e Figura 5D, respectivamente).

A produtividade de grãos de milho não variou em relação aos fatores de estudo, contudo o índice de colheita apresentou comportamento distinto entre os SC avaliados (Tabela 7).

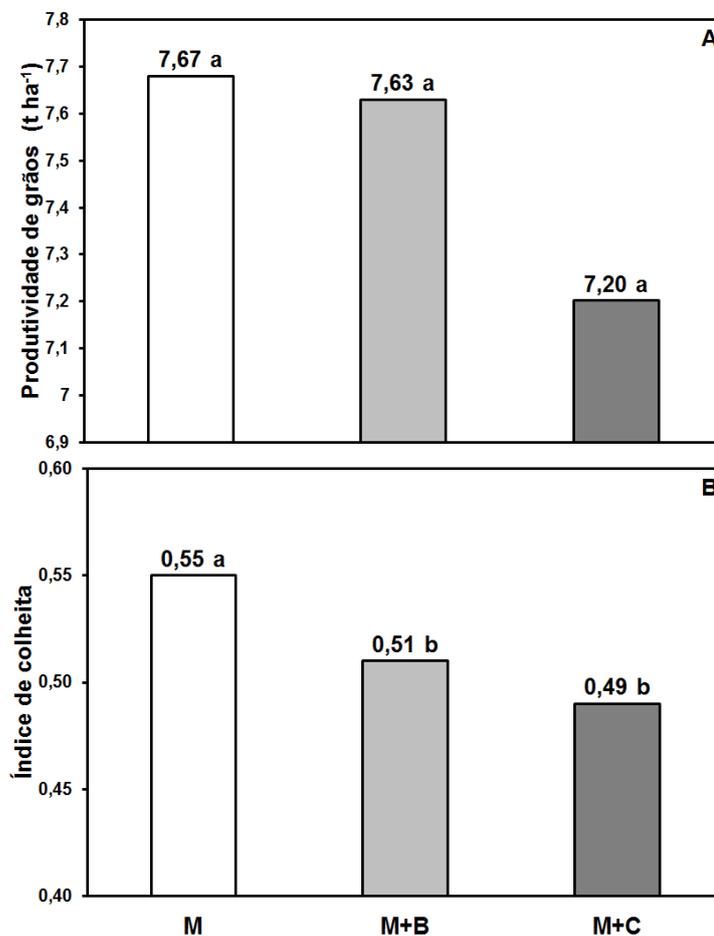
**Tabela 7.** Produtividade de grãos e índice de colheita do milho em função do sistema de cultivo exclusivo, consorciado com *Urochloa ruziziensis* ou *Crotalaria spectabilis*, Jaboticabal-SP, safra 2015/2016 <sup>(1)</sup>.

Variáveis Avaliadas	Produtividade de grãos	Índice de colheita
	t ha <sup>-1</sup>	-
Média Geral	7,50	0,51
CV (%)	20,90	2,56
DMS (Tukey - p<0,05)	1,52	0,03
Teste F	0,56 <sup>ns</sup>	54,69 <sup>*</sup>

<sup>(1)</sup> Média geral da variável, coeficiente de variação (CV), diferença mínima significativa (DMS) pelo teste Tukey (p<0,05) e valores de F com níveis de significância. <sup>\*</sup>Significativo pelo teste F a 1% de probabilidade. <sup>\*</sup>Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade. <sup>ns</sup>Não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

Embora tenha ocorrido diferença entre os componentes de produtividade, número de fileiras e de grãos por espiga, os quais integram a produtividade final de grãos e estabelecem assim maior desempenho dessa variável em resposta aos fatores estudados, não foi constatado o mesmo em relação à produtividade (Figura 6A). Os dados referentes à produção de grãos foram confirmados nos trabalhos que utilizaram os mesmos consórcios de  $SC_M$ ,  $SC_{M+B}$  e  $SC_{M+C}$ , obtendo valores muito semelhantes (7,61; 7,22 e 7,53 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente) com o híbrido DOW 2B512 Hx na implantação do SPD (KAPPES; ZANCANARO, 2015) e valores superiores (10,64; 9,93 e 9,99 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente) com o híbrido Syngenta Impacto no 6º

ano de SPD (SOUZA, 2016). Portanto, pode-se inferir que os consórcios  $SC_{M+B}$  e  $SC_{M+C}$  não prejudicaram a produtividade do milho nesta modalidade de semeadura, pois não houve diferença significativa em comparação ao cultivo exclusivo ( $SC_M$ ). As variações encontradas nos valores da produtividade, nos diversos estudos relacionados aos SC em questão, podem ser justificadas, não só pela variação nos híbridos utilizados, que apresentam respostas diferentes às condições ambientais, mas também pelo tempo de implantação do SPD, havendo produtividade maior em ambientes com o sistema implantado a mais tempo (SOUZA, 2016).



**Figura 6.** Produtividade de grãos e índice de colheita do milho nos sistemas de cultivo: milho exclusivo (M), milho consorciado com *Urochloa ruziziensis* (M+B) e milho consorciado com *Crotalaria spectabilis* (M+C), em Jaboticabal-SP, 2015/2016. Médias seguidas de letras iguais, não diferem pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

Além do ano de implantação do SPD, outros fatores que podem ter influenciado as baixas produtividades obtidas são relacionados às condições climáticas (Figura 1) entre os estádios fenológicos  $V_T$  e  $R_1$ , em que foram observadas temperaturas acima dos  $32^\circ\text{C}$ , que são responsáveis por aumentar o metabolismo da planta de milho, acelerando a diferenciação celular dos órgãos reprodutivos, acarretando altas taxas de aborto de grãos jovens.

Como também foi constatado, ocorreu intensa precipitação pluvial durante o ciclo da cultura (precipitação acumulada de 1.165,4 mm), concentrando elevados níveis na fase que precedeu o pendoamento da cultura (Figura 1), período em que a planta de milho fica suscetível ao encharcamento pelo excesso de água, contribuindo para a inviabilidade do grão de pólen (FORNASIERI FILHO, 2007).

O  $SC_M$  apresentou maior índice de colheita quando comparado aos  $SC_{M+B}$  e  $SC_{M+C}$  (Figura 6B), provavelmente por exibir maior diâmetro do colmo, o qual favorece a translocação de fotoassimilados para os grãos da espiga, resultando em índice de colheita maior, que é a relação entre a massa seca dos grãos e a massa seca total da planta. Outra hipótese é a competição interespecífica, que pode ter promovido o menor índice de colheita nos consórcios. Esse fato não foi evidenciado na produtividade, uma vez que ela não variou em função dos SC.

#### **4.2. Cobertura vegetal do milho exclusivo e consorciado com *U. ruziziensis* e *C. spectabilis***

Em relação à cobertura vegetal proporcionada pelos restos culturais (Tabela 8), os  $SC_{M+B}$  e  $SC_{M+C}$  apresentaram maior porcentagem de recobrimento da superfície do solo (RS) em comparação ao  $SC_M$  (Figura 7A), possibilitando 15 dias antes da semeadura do feijoeiro 100% ( $SC_{M+B}$ ) e 97% ( $SC_{M+C}$ ) de RS em comparação aos 87% do milho exclusivo. Apesar das diferenças, os valores estiveram acima de 30 % de RS, estando situados na categoria de agricultura conservacionista (DERPSCH et al., 2014).

O elevado recobrimento do solo obtido pelo milho quando consorciado, pode ser justificado pelo maior acúmulo de matéria seca das duas espécies cultivadas simultaneamente, confirmadas pela quantidade de palhada produzida (QP) pelos

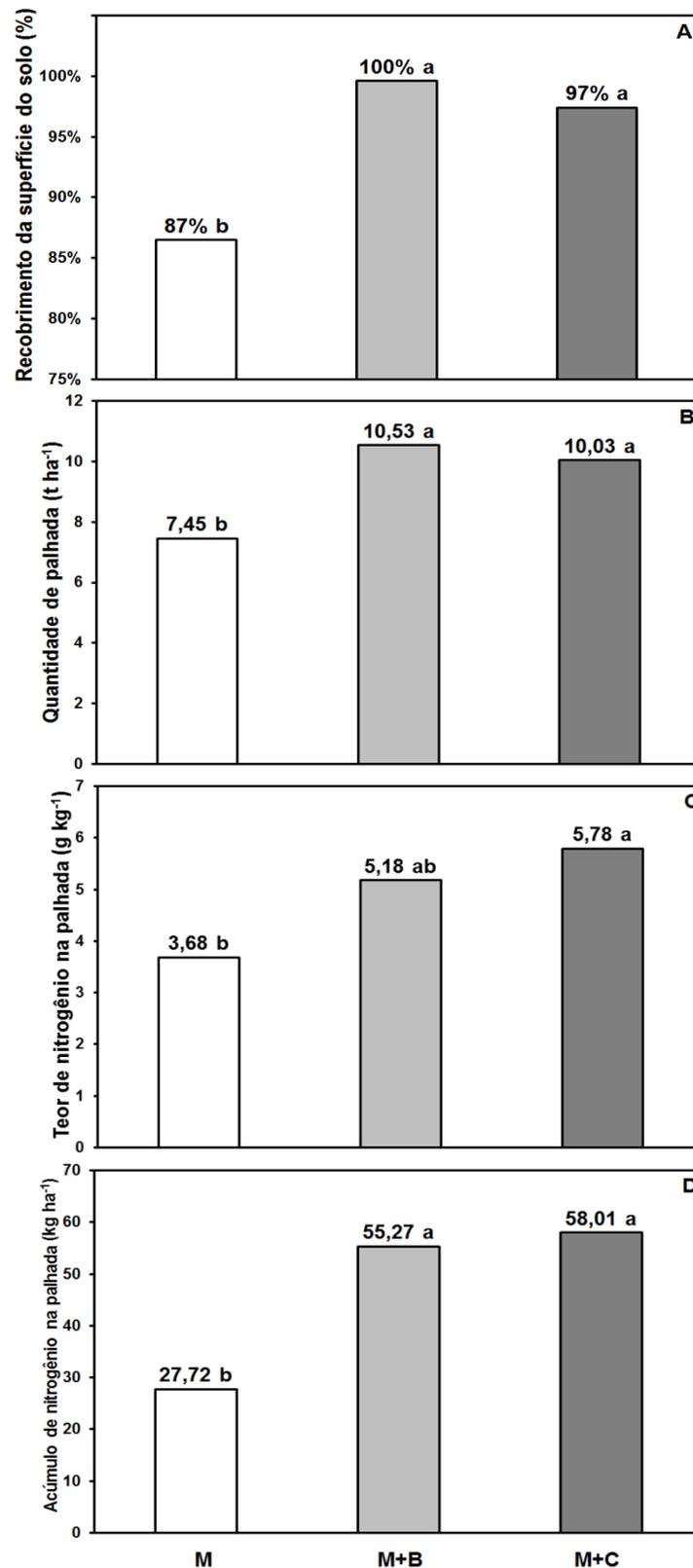
consórcios (Figura 7B), que em relação ao  $SC_M$  foram 29% ( $SC_{M+B}$ ) e 25% ( $SC_{M+C}$ ) maiores. Corroborando com os dados de Kappes e Zancanaro (2015) no ano de implantação do SPD e Souza (2016) no sexto ano de SPD, o cultivo de milho consorciado com *U. ruziziensis* (7,56 e 6,67 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente) e milho consorciado com *C. spectabilis* (8,13 e 7,45 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente) proporcionaram maior QP em relação ao milho não consorciado (6,12 e 6,02 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente). Os valores obtidos no experimento para  $SC_M$ ,  $SC_{M+B}$  e  $SC_{M+C}$  (7,45; 10,53 e 10,03 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente) no primeiro ano de SPD, assim como os resultados reportados nos trabalhos citados, demonstram que os sistemas de cultivo de milho consorciado proporcionam produção e manutenção da palhada requerida para o SPD de qualidade (DERPSCH et al., 2014).

**Tabela 8.** Recobrimento da superfície do solo, quantidade de palhada produzida, teor de nitrogênio na palhada e acúmulo de nitrogênio na palhada provenientes dos sistemas de cultivos de milho exclusivo, consorciado com *Urochloa ruziziensis* ou *Crotalaria spectabilis* aos 15 dias preliminares a semeadura do feijoeiro, Jaboticabal-SP, safra 2015/2016 <sup>(1)</sup>.

Variáveis Avaliadas	Recobrimento da superfície do solo	Quantidade de palhada	Teor de nitrogênio na palhada	Acúmulo de nitrogênio na palhada
	%	t ha <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup>
Média Geral	94,50	9,34	4,88	47,00
CV (%)	7,93	15,79	28,50	40,13
DMS (Tukey - p<0,05)	7,27	1,92	1,81	24,54
Teste F	17,91**	18,84**	9,04*	11,83*

<sup>(1)</sup> Média geral da variável, coeficiente de variação (CV), diferença mínima significativa (DMS) pelo teste Tukey (p<0,05) e valores de F com níveis de significância. \*\*Significativo pelo teste F a 1% de probabilidade. \*Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade. <sup>ns</sup>Não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

O maior teor de nitrogênio na palhada (TNP) foi observado no  $SC_{M+C}$ , (Figura 7C) apresentando diferença significativa em relação ao valor encontrado no  $SC_M$ , como observado na literatura (OLIVEIRA et al., 2010). Embora não tenha ocorrido diferença em relação o TNP no  $SC_{M+B}$  (5,18 g kg<sup>-1</sup>) comparado aos  $SC_M$  e  $SC_{M+C}$  (3,68 e 5,78 g kg<sup>-1</sup>), quando foi estimado através da QP produzida o acúmulo de nitrogênio na palhada (ANP) por hectare (Figura 7D), os  $SC_{M+B}$  e  $SC_{M+C}$  apresentaram maior acúmulo (55,27 e 58,01 kg ha<sup>-1</sup> de N, respectivamente) em relação ao  $SC_M$  (27,72 kg ha<sup>-1</sup> de N).



**Figura 7.** Recobrimento da superfície do solo, quantidade de palhada produzida, teor de nitrogênio na palhada e acúmulo de nitrogênio na palhada provenientes dos sistemas de cultivos: milho exclusivo (M), milho consorciado com *Urochloa ruziziensis* (M+B) e milho consorciado com *Crotalaria spectabilis* (M+C), em Jaboticabal-SP, 2015/2016. Médias seguidas de letras iguais, não diferem pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

Os maiores TNP e ANP observados em média no SC<sub>M+C</sub> devem-se a característica desta última espécie, que realiza FBN, podendo incorporar em seus esqueletos de carbono até 70% do N total de sua matéria seca, por atuação deste processo biológico (GILLER, 2001).

Da mesma forma, o elevado RS e QP obtidos no consórcio de milho com *U. ruziziensis*, por consequência da alta produção de palhada desta espécie forrageira (KLUTHCOUSKI et al., 2013), resulta em quantidade de N na palhada semelhante ao obtido com o cultivo da leguminosa. Com isso, pode ser evidenciada a viabilidade dos consórcios de milho com *U. ruziziensis* (KLUTHCOUSKI et al., 2000) e *C. spectabilis* (OLIVEIRA et al., 2010) no sistema de plantio direto, por apresentarem os requisitos de RS e QP produzida, além de ser uma excelente opção para o aporte de N para as culturas em sucessão, demonstrada no TNP e ANP.

#### **4.3. Atributos agronômicos do feijoeiro em função das doses de nitrogênio em cobertura em sucessão aos sistemas de cultivo de milho exclusivo e consorciado com *U. ruziziensis* e *C. spectabilis***

A população inicial do feijoeiro (Tabela 9) foi influenciada pelo SC antecessor, verificando menor emergência das plântulas nos SC<sub>M+B</sub> e SC<sub>M+C</sub> comparados ao SC<sub>M</sub>, por ocorrer maior produção de palha nos sistemas de cultivo consorciado, gerando assim uma barreira física à semeadura do feijoeiro e emergência das plântulas. Atualmente, alguns trabalhos tem evidenciado a diferença ocorrida na população inicial do feijoeiro em função do recobrimento e quantidade de matéria seca depositada na superfície do solo, os quais dificultam a distribuição das sementes por ocasião da semeadura e impedem a emergência uniforme do estande de plantas (GOMES JUNIOR; SÁ; VALÉRIO FILHO, 2008; FIORENTIN et al., 2012). Durante o ciclo do feijoeiro as diferenças observadas na população inicial de plantas permaneceram, sendo refletidas na população final (Tabela 9).

Tanto a massa seca da parte aérea quanto o número de trifólios por planta não foram alterados em função dos tratamentos (Tabela 9). Os valores de MS estiveram dentro da faixa de 7,56 a 9,13 g planta<sup>-1</sup>, semelhantes ao observado na cultivar IAC Alvorada por Souza, Soratto e Pagani (2011) durante a segunda safra

do experimento, na qual não houve diferença significativa em relação às doses de N testadas e os valores variaram de 4,9 a 8,0 g planta<sup>-1</sup> após consórcio de milho com *U. ruziziensis*.

**Tabela 9.** População inicial e final de plantas, massa seca da parte aérea e número de trifólios por planta do feijoeiro, cultivar IAC Alvorada, em função dos sistemas de cultivo antecessores e de doses de nitrogênio aplicadas em cobertura, Jaboticabal-SP, safra de inverno 2016 <sup>(1)</sup>.

Tratamentos	População inicial	População final	Massa seca da parte aérea	Número de trifólios por planta
	---- mil plantas ha <sup>-1</sup> ----		g planta <sup>-1</sup>	n <sup>o</sup>
Sistemas de cultivo (SC) <sup>(2)</sup>				
Milho	268,89 a	264,44 a	8,67	24,07
Milho + <i>Urochloa ruziziensis</i>	255,78 b	249,91 b	8,42	23,44
Milho + <i>Crotalaria spectabilis</i>	248,56 b	245,19 b	8,23	21,51
CV (%)	4,46	5,33	15,01	12,97
DMS (Tukey - p<0,05)	11,148	13,090	1,229	2,896
Doses de Nitrogênio (DN) <sup>(3)</sup>				
0	253,14	248,28	8,01	23,20
50	263,71	259,48	9,03	22,93
100	256,10	255,82	9,13	23,78
150	260,75	252,31	7,56	21,77
200	255,00	250,01	8,47	23,35
CV (%)	5,84	8,61	27,24	17,43
DMS (Tukey - p<0,05)	17,649	25,561	2,695	4,700
Teste F				
SC	16,09**	11,06**	0,61 <sup>ns</sup>	3,99 <sup>ns</sup>
DN	1,01 <sup>ns</sup>	0,51 <sup>ns</sup>	1,02 <sup>ns</sup>	0,43 <sup>ns</sup>
SC x DN	0,99 <sup>ns</sup>	0,72 <sup>ns</sup>	0,85 <sup>ns</sup>	0,60 <sup>ns</sup>
Média geral	257,74	253,18	8,44	23,01

<sup>(1)</sup> Médias seguidas por letras distintas na coluna, dentro de cada fator, diferem entre si pelo teste Tukey (p<0,05). \* (p<0,05), \*\* (p<0,01) e <sup>ns</sup> (não significativo), respectivamente pelo teste F. <sup>(2)</sup> Sistemas de cultivos antecessores ao feijoeiro. <sup>(3)</sup> Quantidade de N aplicada em cobertura no feijoeiro no V<sub>4-4</sub> (presença da quarta folha trifoliada).

Porém utilizando o mesmo cultivar, no trabalho de Maia et al. (2013) foram testados diferentes manejos do N, utilizando doses de 0 a 200 kg ha<sup>-1</sup> de N em cinco níveis, na “safra da seca” e na “safra das águas”, sendo verificada diferença significativa na massa seca da parte aérea para doses de N nas duas safras. Os valores variaram de 4,0 a 6,1 g planta<sup>-1</sup> na “safra das águas” e 5,5 a 7,5 g planta<sup>-1</sup> na “safra da seca”. Da mesma forma, o número de trifólios não apresentou resposta aos

fatores de estudo e os valores variaram de 21,51 a 24,07 trifólios por planta, condizendo com dados citados na literatura para cultivares de feijoeiro com o hábito de crescimento indeterminado semiereto, apresentando arquitetura tipo III (DOURADO NETO; FANCELLI, 2000). Contudo, os resultados confirmaram o adequado crescimento e desenvolvimento do feijoeiro no florescimento pleno (R6), demonstrando que o vegetal se desenvolveu em condições fisiológicas adequadas.

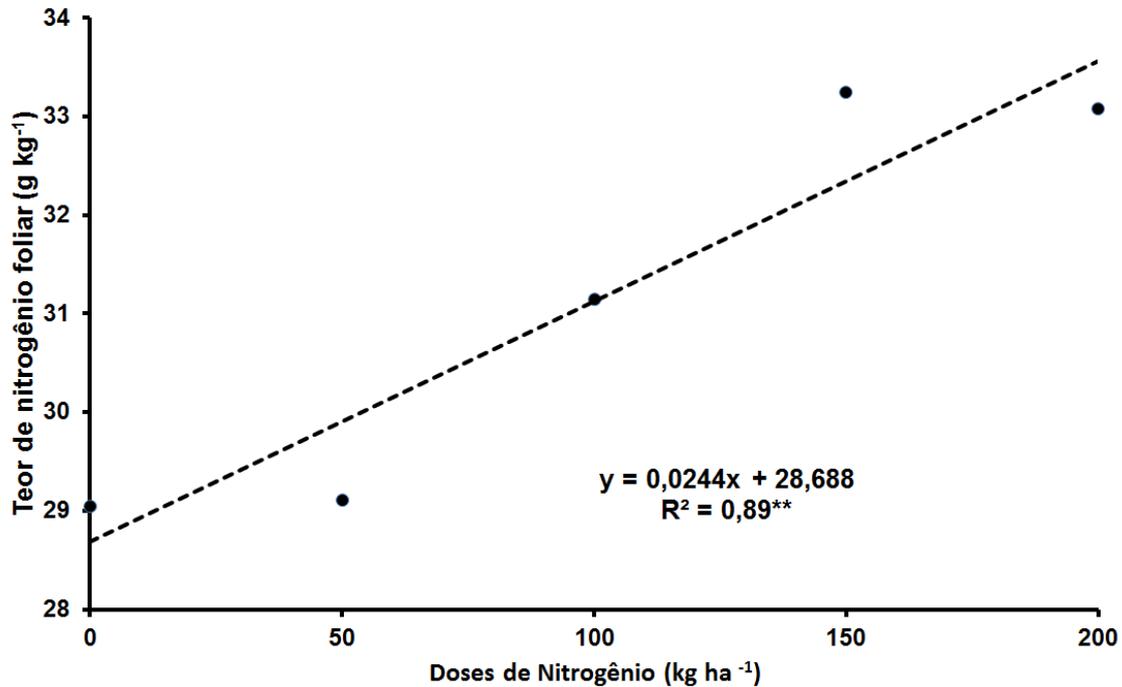
**Tabela 10.** Teor de nitrogênio foliar e índice relativo de clorofila do feijoeiro, cultivar IAC Alvorada, em função dos sistemas de cultivo antecessores e de doses de nitrogênio aplicadas em cobertura, Jaboticabal-SP, safra de inverno 2016 <sup>(1)</sup>.

Tratamentos	Teor de nitrogênio foliar	Índice relativo de clorofila
	g kg <sup>-1</sup>	-
Sistemas de cultivo (SC) <sup>(2)</sup>		
Milho	30,07	25,11
Milho + <i>Urochloa ruziziensis</i>	31,61	26,18
Milho + <i>Crotalaria spectabilis</i>	31,71	26,68
CV (%)	13,09	8,02
DMS (Tukey - p<0,05)	3,954	2,023
Doses de Nitrogênio (DN) <sup>(3)</sup>		
0	29,05 b	22,07 c
50	29,11 b	25,35 b
100	31,15 ab	26,08 b
150	33,25 a	27,73 ab
200	33,08 a	28,72 a
CV (%)	10,15	8,06
DMS (Tukey - p<0,05)	3,703	2,46
Teste F		
SC	1,02 <sup>ns</sup>	2,95 <sup>ns</sup>
DN	5,02 <sup>**</sup>	17,93 <sup>**</sup>
SC x DN	1,58 <sup>ns</sup>	0,73 <sup>ns</sup>
Média geral	31,13	25,99

<sup>(1)</sup> Médias seguidas por letras distintas na coluna, dentro de cada fator, diferem entre si pelo teste Tukey (p<0,05). \* (p<0,05), \*\* (p<0,01) e <sup>ns</sup> (não significativo), respectivamente pelo teste F. <sup>(2)</sup> Sistemas de cultivos antecessores ao feijoeiro. <sup>(3)</sup> Quantidade de N aplicada em cobertura no feijoeiro no V<sub>4-4</sub> (presença da quarta folha trifoliada).

Quanto ao teor de nitrogênio foliar (TNF), não foi observado efeito do fator SC (Tabela 10) e os valores enquadraram-se na faixa de 30 a 50 g de N kg<sup>-1</sup> de matéria seca (AMBROSANO et al., 1997), que é considerada adequada para o feijoeiro. Entretanto, o TNF sofreu efeito do fator doses de N, apresentando comportamento linear crescente (Figura 8) conforme o observado por Binotti et al. (2009), Fiorentin

et al. (2011) e Souza, Soratto e Pagani (2011), no feijoeiro cultivado em diferentes safras em SPD.



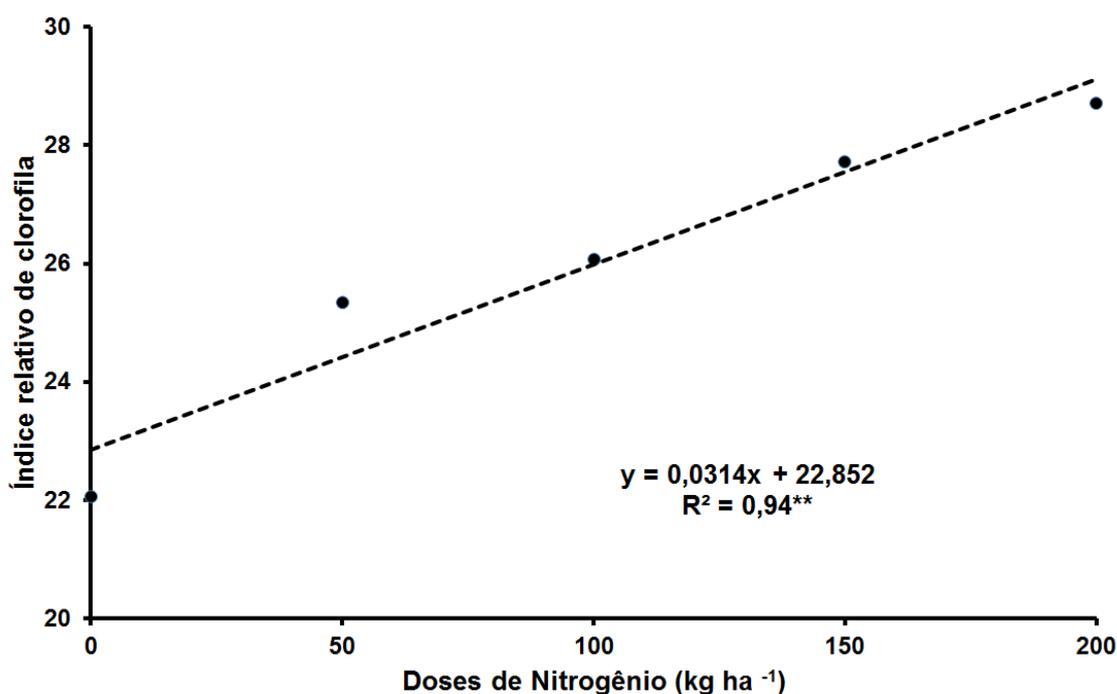
**Figura 8.** Teor de nitrogênio foliar em função das doses de nitrogênio aplicadas em cobertura no feijoeiro, cultivar IAC Alvorada, em Jaboticabal-SP, safra 2016. \*\*Significativo a 1% pelo teste F.

Os valores médios do TNF (Tabela 10) nas doses de 0 e 50 kg ha<sup>-1</sup> foram abaixo da faixa considerada adequada para o feijoeiro, justificando a necessidade da adubação nitrogenada de cobertura durante a implantação do SPD, porque mesmo se tratando de uma planta que promove a FBN, ocorre intensa imobilização de N (VÁZQUEZ; PRIETO, 2016).

O índice relativo de clorofila (IRC) não foi afetado pelos SC anteriores (Tabela 10), diferentemente das doses de N em cobertura que tiveram efeito na variável, apresentando comportamento linear crescente (Figura 9) e seguindo a mesma tendência do TNF, condizendo com o reportado pela literatura (MAIA, 2014; SILVEIRA; GONZAGA, 2017).

Pelo fato do N compor a estrutura molecular da clorofila (SHARKEY et al., 2013), o IRC apresenta correlação linear positiva de alto nível de significância com o TNF (MAIA, 2014), portanto a adubação nitrogenada de cobertura promoveu na

cultivar IAC Alvorada o aumento do teor de nitrogênio foliar e do índice relativo de clorofila no florescimento pleno ( $R_6$ ). Sant'Ana, Santos e Silveira (2010), trabalharam com doses de N em cobertura no sistema de plantio direto, utilizando a cultivar de feijoeiro BRS Horizonte e observaram que o teor de N foliar aumentou linearmente em função das doses de N, porém diferentemente do verificado no presente trabalho, as leituras do IRC apresentaram respostas quadráticas a adubação nitrogenada.



**Figura 9.** Índice relativo de clorofila em função das doses de nitrogênio aplicadas em cobertura no feijoeiro, cultivar IAC Alvorada, em Jaboticabal-SP, safra 2016. \*\*Significativo a 1% pelo teste F.

A clorofila é encarregada de armazenar energia em moléculas de carboidratos mais complexos por meio da redução do dióxido de carbono, através da oxidação da água exercida por comprimentos de onda específicos emitidos pelos raios solares, liberando oxigênio para o meio (SHARKEY et al., 2013). O clorofilômetro é capaz de mensurar a intensidade da cor verde por intermédio da determinação indireta do teor de clorofila (BARBOSA FILHO et al., 2009, SALGADO et al., 2012), sendo uma ferramenta prática para avaliação do estado nutricional da planta, por se

correlacionar positivamente com o TNF do vegetal (BARNES et al., 1991; MAIA, 2014).

Em relação aos componentes de produção do feijoeiro, foi notado que o número de vagens por planta (NVP) e a produtividade de grãos (PTG) sofreram efeito de ambos os tratamentos testados (doses de N e SC anterior), sendo que o componente número de grãos por vagem (NGV) foi influenciado apenas pelos SC anterior, e a massa de cem grãos ( $M_{100}$ ) e a eficiência agrônômica (EA) por doses de N, sendo que para EA houve interação dos tratamentos (Tabela 11).

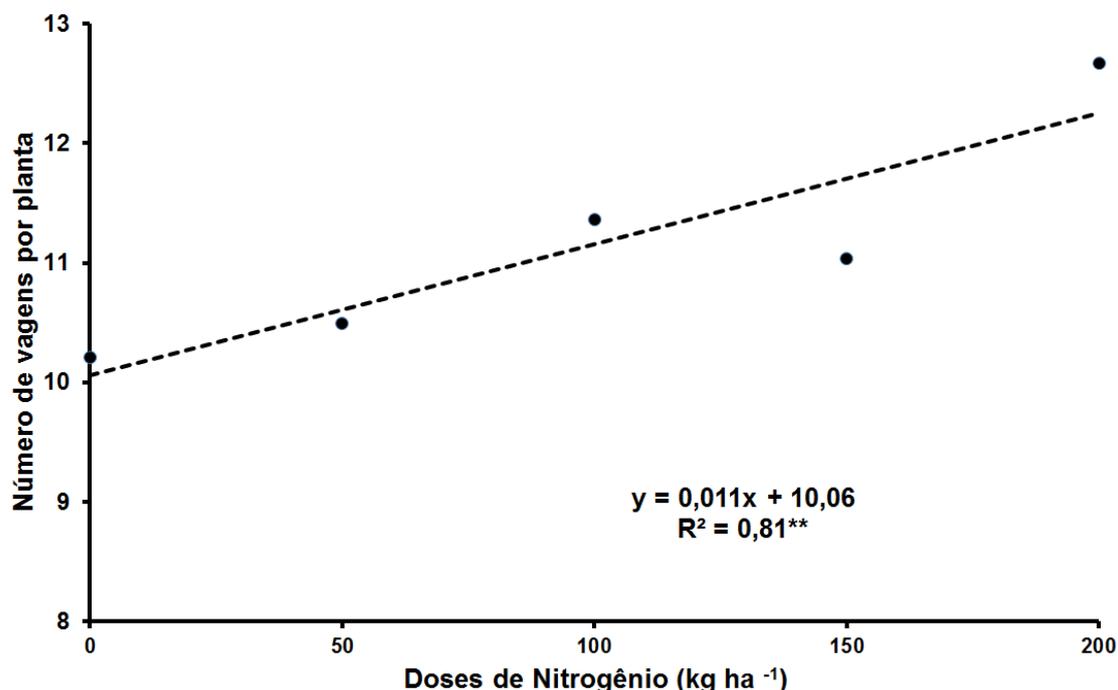
**Tabela 11.** Número de vagens por planta, número de grãos por vagem, massa de 100 grãos, produtividade de grãos e eficiência agrônômica do feijoeiro, cultivar IAC Alvorada, em função dos sistemas de cultivo antecessores e de doses de nitrogênio aplicadas em cobertura, Jaboticabal-SP, safra de inverno 2016 <sup>(1)</sup>.

Tratamentos	Número de vagens por planta	Número de grãos por vagens	Massa de 100 grãos	Produtividade de grãos	Eficiência agrônômica
	----- n <sup>o</sup> -----	-----	g	kg ha <sup>-1</sup>	kg kg <sup>-1</sup>
Sistemas de cultivo (SC) <sup>(2)</sup>					
Milho	10,03 b	4,12 b	25,53	2.447 b	2,02
Milho + <i>Urochloa ruziziensis</i>	11,38 ab	4,42 ab	25,62	2.681 ab	2,11
Milho + <i>Crotalaria spectabilis</i>	12,06 a	4,55 a	26,06	2.758 a	3,36
CV (%)	12,56	8,24	6,05	9,99	68,62
DMS (Tukey - p<0,05)	1,360	0,349	1,510	254,787	1,661
Doses de Nitrogênio (DN) <sup>(3)</sup>					
0	10,21 b	4,29	24,48 b	2.362 c	-
50	10,49 b	4,34	25,16 ab	2.528 c	4,30 a
100	11,37 ab	4,62	25,68 ab	2.573 bc	2,61 b
150	11,04 ab	4,26	26,61 a	2.807 ab	2,97 b
200	12,68 a	4,30	26,75 a	2.874 a	2,60 b
CV (%)	15,18	7,75	6,15	7,74	43,87
DMS (Tukey - p<0,05)	1,942	0,396	1,854	238,579	1,283
Teste F					
SC	10,87*	7,39*	0,66 <sup>ns</sup>	7,60*	3,84 <sup>ns</sup>
DN	3,87*	2,23 <sup>ns</sup>	4,44*	12,76**	24,36**
SC x DN	1,90 <sup>ns</sup>	0,43 <sup>ns</sup>	1,34 <sup>ns</sup>	1,16 <sup>ns</sup>	5,37**
Média geral	11,16	4,36	25,73	2629	2,50

<sup>(1)</sup> Médias seguidas por letras distintas na coluna, dentro de cada fator, diferem entre si pelo teste Tukey (p<0,05). \* (p<0,05), \*\* (p<0,01) e <sup>ns</sup> (não significativo), respectivamente pelo teste F. <sup>(2)</sup> Sistemas de cultivos antecessores ao feijoeiro. <sup>(3)</sup> Quantidade de N aplicada em cobertura no feijoeiro no V<sub>4-4</sub> (presença da quarta folha trifoliada).

O NVP e NGV, atributos produtivos que contribuiram para a PTG final, foram estatisticamente maiores quando cultivados sob a palhada de  $SC_{M+C}$  em relação ao  $SC_M$ , porém o  $SC_{M+B}$  não se diferenciou dos demais SC estudados (Tabela 11). Souza (2016) verificou resultados semelhantes para NVP, em que o  $SC_{M+C}$  apresentou os melhores resultados em relação ao  $SC_{M+B}$ , seguido pelo  $SC_M$ , por outro lado o NGV não foi alterado por influência dos SC antecessores neste trabalho.

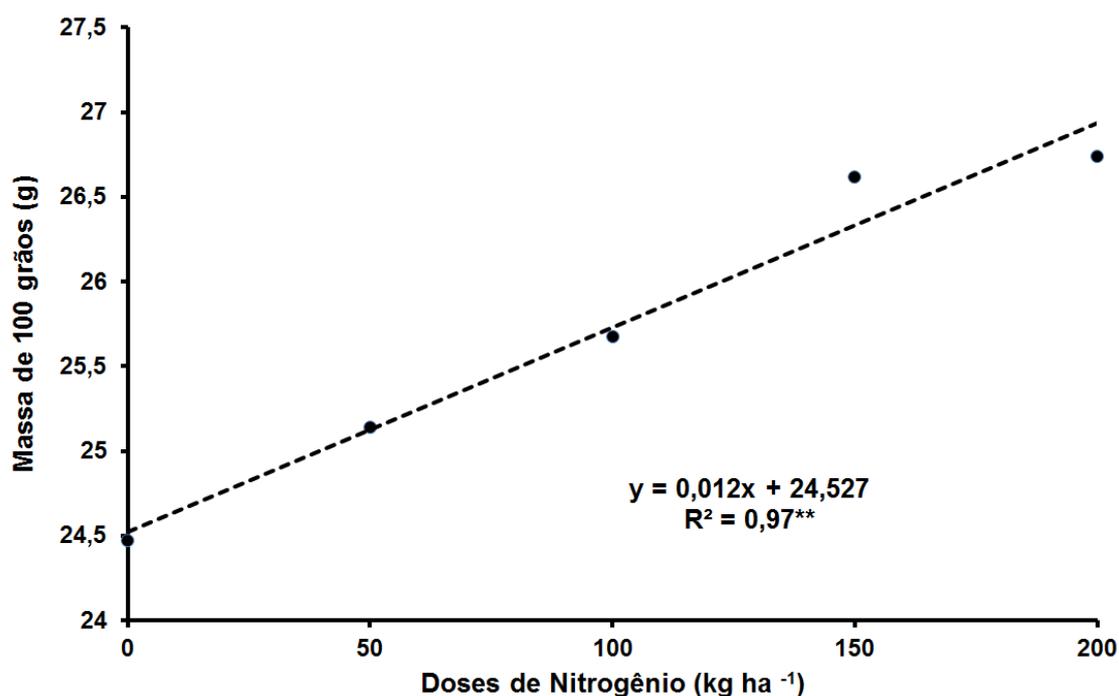
Pelo fato dos SC terem proporcionado para o solo restos culturais de diferentes origens vegetais, possivelmente o  $SC_{M+C}$  foi privilegiado por conter uma palhada de relação C:N intermediária (MARCELO; CORÁ; FERNANDES, 2012), pois a rápida decomposição e menor permanência no solo da crotalaria são compensadas pela alta relação C:N do milho, permitindo assim maior permanência da cobertura no solo e equilibrando a velocidade de decomposição, que é essencial para disponibilidade de nutrientes para a planta em cultivo. As doses de N determinaram comportamento linear crescente no NVP (Figura 10).



**Figura 10.** Número de vagens por planta em função das doses de nitrogênio aplicadas em cobertura no feijoeiro, cultivar IAC Alvorada, em Jaboticabal-SP, safra 2016. \*\*Significativo a 1% pelo teste F.

Conforme o observado na literatura (SOUZA, 2016), variando em média de 10,03 a 12,68 vagens por planta nas doses de 0 a 200 kg ha<sup>-1</sup>, demonstrando que houve respostas ao fornecimento de N, o qual foi absorvido e metabolizado em maior número de flores e conseqüentemente vagens.

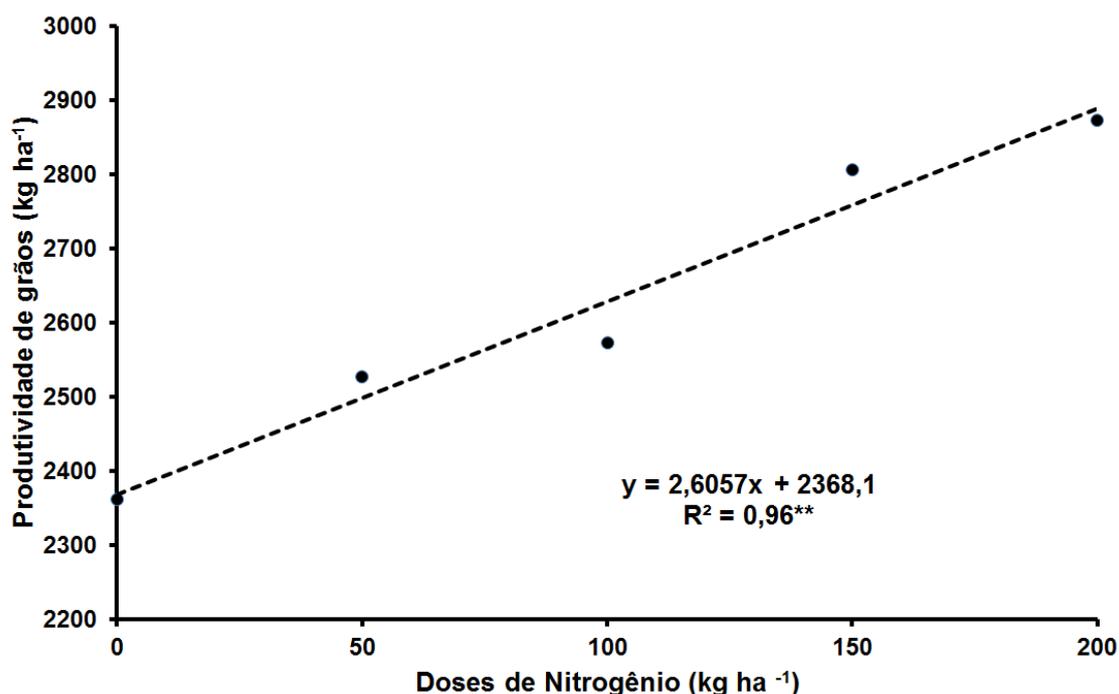
A M<sub>100</sub> não foi alterada em função do sistema cultivado anteriormente, variando em média de 25,53 g para o SC<sub>M</sub> até 26,09 g para o SC<sub>M+C</sub>. Porém as doses de nitrogênio em cobertura conferiram aumento linear da variável (Figura 11), aumentando gradualmente o fornecimento do nutriente para o feijoeiro e resultando em grãos com maior acúmulo de biomassa. Contudo, Carmeis Filho et al. (2014) observaram comportamento contrário, em que o SC de *U. ruziziensis* exclusiva foi superior ao de milho e milho consorciado com *U. ruziziensis*, porém as doses de N não tiveram efeito sobre a M<sub>100</sub> mensurada.



**Figura 11.** Massa de 100 grãos em função das doses de nitrogênio aplicadas em cobertura no feijoeiro, cultivar IAC Alvorada, em Jaboticabal-SP, safra 2016. \*\*Significativo a 1% pelo teste F.

De acordo com a tendência dos componentes da produção NVP e NGV, a maior PTG do feijoeiro foi notada após o cultivo de milho consorciado com *C. spectabilis* apresentando média de 2.758 kg ha<sup>-1</sup>, a qual se aproximou dos valores

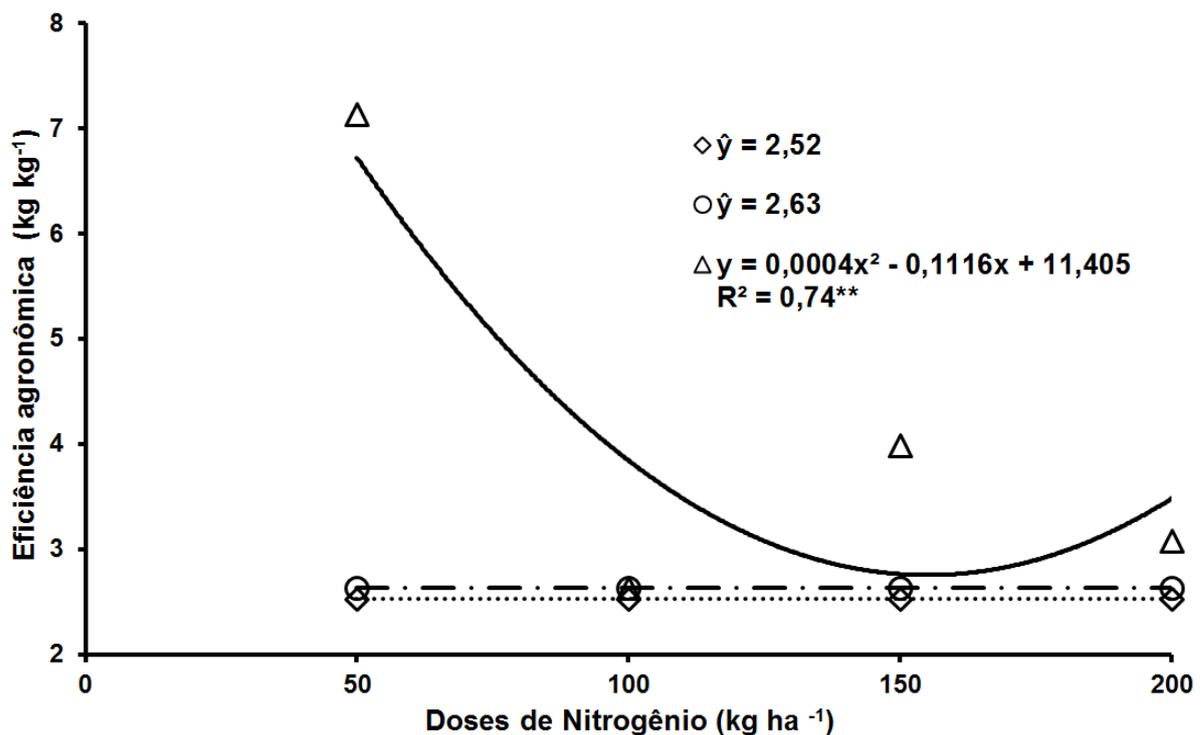
de produção encontrados para a segunda maior dose de N utilizada neste estudo ( $150 \text{ kg ha}^{-1}$ ), sendo que foi estatisticamente superior a PTG de  $2.447 \text{ kg ha}^{-1}$  obtida no sistema de milho cultivado exclusivamente. Portanto, o  $SC_{M+C}$  promoveu o melhor desempenho nas variáveis relacionadas aos componentes de produção citados, atuando diretamente na PTG. Conforme os atributos de produção NVP e  $M_{100}$ , a PTG apresentou comportamento linear crescente em função das doses de N utilizadas em cobertura (Figura 12). Este fenômeno foi observado em outros experimentos em SPD, nos quais o aporte crescente de N favoreceu a produtividade quantitativa (SORATTO et al., 2011; 2013; FIORENTIN et al., 2012; CARMEIS FILHO et al., 2014; SORATTO; PEREZ; FENANDES, 2014) podendo variar, nas mesmas condições de plantio direto, de  $2.339 \text{ kg ha}^{-1}$  ( $0 \text{ kg ha}^{-1}$  de N) a  $2.567 \text{ kg ha}^{-1}$  ( $200 \text{ kg ha}^{-1}$  de N) segundo Souza (2016).



**Figura 12.** Produtividade de grãos em função das doses de nitrogênio aplicadas em cobertura no feijoeiro, cultivar IAC Alvorada, em Jaboticabal-SP, safra 2016. \*\*Significativo a 1% pelo teste F.

A EA foi influenciada pela adubação nitrogenada em cobertura e ocorreu interação deste tratamento com os SC de milho anteriores (Tabela 11). Em relação às doses de N em cobertura, a maior EA verificada foi de  $4,3 \text{ kg}$  de grãos por  $\text{kg}$  de

N aplicado, para a dose de 50 kg ha<sup>-1</sup> de N. Observou-se para o desdobramento da interação SC e doses de N (Figura 13), que a adubação nitrogenada não teve efeito na EA do feijoeiro em sucessão ao SC<sub>M</sub> e SC<sub>M+B</sub>, com valores constantes de 2,52 e 2,63 kg de grãos por kg de N aplicado, respectivamente. Porém, o feijoeiro em sucessão ao SC<sub>M+C</sub> ajustou-se a uma equação de regressão do segundo grau, com coeficiente angular positivo, demonstrando que a EA foi mínima para a dose de 139,5 kg ha<sup>-1</sup> de N. Ainda, a EA do feijoeiro cultivado após o consócio de milho com crotalária foi máxima na dose de 50 kg ha<sup>-1</sup> de N, exibindo a média observada de 7,13 kg de grãos por kg de N aplicado. Amaral et al. (2016) observaram efeito da adubação nitrogenada em cobertura sobre a EA do feijoeiro cultivado em SPD, sob a palhada de gramíneas, e os dados foram ajustados ao modelo quadrático, porém com o coeficiente angular negativo, apresentando EA máxima de 2,7 kg kg<sup>-1</sup> para a dose de 101 kg ha<sup>-1</sup> de N em cobertura.



**Figura 13.** Desdobramento da interação entre sistemas de cultivo e doses de nitrogênio referentes à eficiência agronômica do feijoeiro, cultivar IAC Alvorada, em sucessão a milho exclusivo (◇), milho consorciado com *Urochloa ruziziensis* (○) e milho consorciado com *Crotalaria spectabilis* (Δ), em Jaboticabal-SP, safra 2016. \*\*Significativo a 1% pelo teste F.

#### 4.4. Atributos qualitativos dos grãos do feijoeiro em função do sistema de cultivo e das doses de nitrogênio em cobertura

Em referência aos atributos qualitativos do feijoeiro, o rendimento de peneira foi alterado pelos SC e doses de N em cobertura (Tabela 12).

**Tabela 12.** Rendimento de peneira (RP) determinada pela porcentagem de grãos do feijoeiro, cultivar IAC Alvorada, retidos em peneiras de furo oblongo em função dos sistemas de cultivo antecessores e de doses de nitrogênio aplicadas em cobertura, Jaboticabal-SP, safra de inverno 2016 <sup>(1)</sup>.

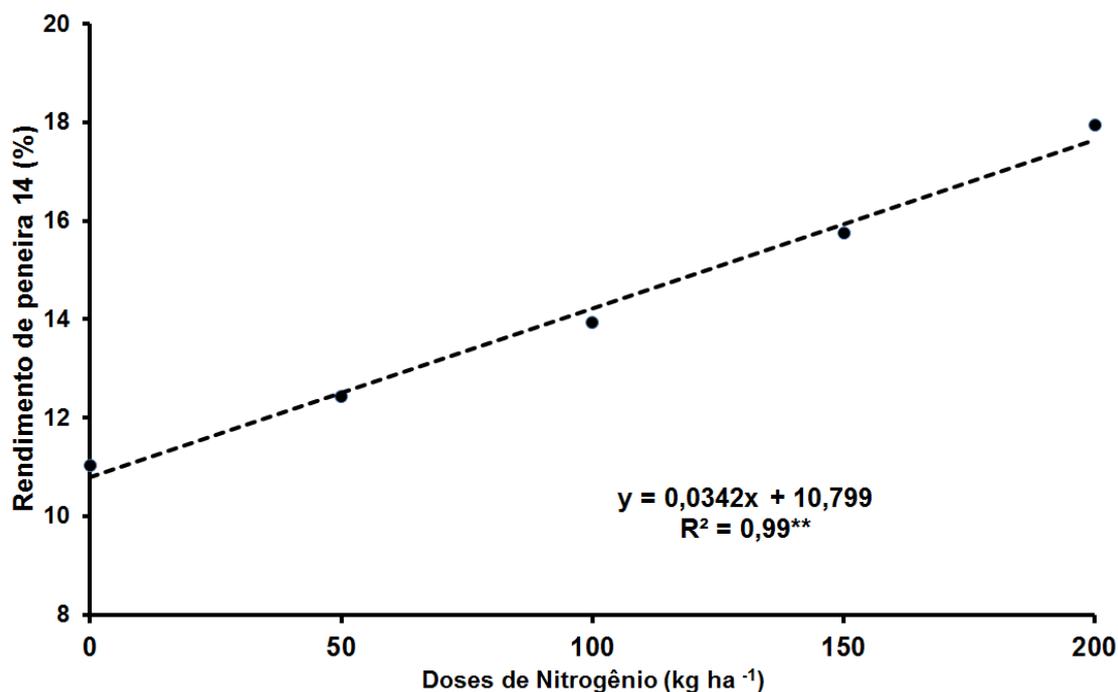
Tratamentos	Rendimento de peneira					
	RP11	RP12	RP13	RP14	RP15	RP≥12
	----- % de grãos retidos -----					
<b>Sistemas de cultivo (SC) <sup>(2)</sup></b>						
Milho	9,6	26,9	42,5 a	14,0	2,2	85,6 a
Milho + <i>Urochloa ruziziensis</i>	9,1	28,7	39,2 b	14,3	2,1	84,4 ab
Milho + <i>Crotalaria spectabilis</i>	9,4	26,7	38,7 b	14,3	2,4	82,1 b
CV (%)	29,1	20,7	8,3	32,5	24,7	3,17
DMS (Tukey - p<0,05)	2,65	5,50	3,21	4,48	0,54	2,59
<b>Doses de Nitrogênio (DN) <sup>(3)</sup></b>						
0	9,8	29,9	41,1	11,0 b	1,7 b	83,8
50	9,6	28,1	41,3	12,4 b	1,9 b	83,6
100	9,7	28,2	39,3	13,9 ab	1,9 b	83,4
150	9,2	26,2	40,0	15,7 ab	2,4 ab	84,3
200	8,6	24,8	38,8	17,9 a	3,4 a	84,9
CV (%)	20,6	17,0	14,6	30,8	36,8	3,47
DMS (Tukey - p<0,05)	2,26	5,49	6,88	5,13	0,97	3,42
<b>Teste F</b>						
SC	0,17 <sup>ns</sup>	0,76 <sup>ns</sup>	7,65*	0,03 <sup>ns</sup>	1,51 <sup>ns</sup>	9,09*
DN	0,78 <sup>ns</sup>	2,16 <sup>ns</sup>	0,42 <sup>ns</sup>	4,63**	8,04**	0,54 <sup>ns</sup>
SC x DN	0,69 <sup>ns</sup>	1,37 <sup>ns</sup>	1,47 <sup>ns</sup>	1,73 <sup>ns</sup>	0,91 <sup>ns</sup>	0,73 <sup>ns</sup>
Média geral	9,37	27,43	40,12	14,22	2,25	84,01

<sup>(1)</sup> Médias seguidas por letras distintas na coluna, dentro de cada fator, diferem entre si pelo teste Tukey (p<0,05). \* (p<0,05), \*\* (p<0,01) e <sup>ns</sup> (não significativo), respectivamente pelo teste F. <sup>(2)</sup> Sistemas de cultivos antecessores ao feijoeiro. <sup>(3)</sup> Quantidade de N aplicada em cobertura no feijoeiro no V<sub>4.4</sub> (presença da quarta folha trifoliada).

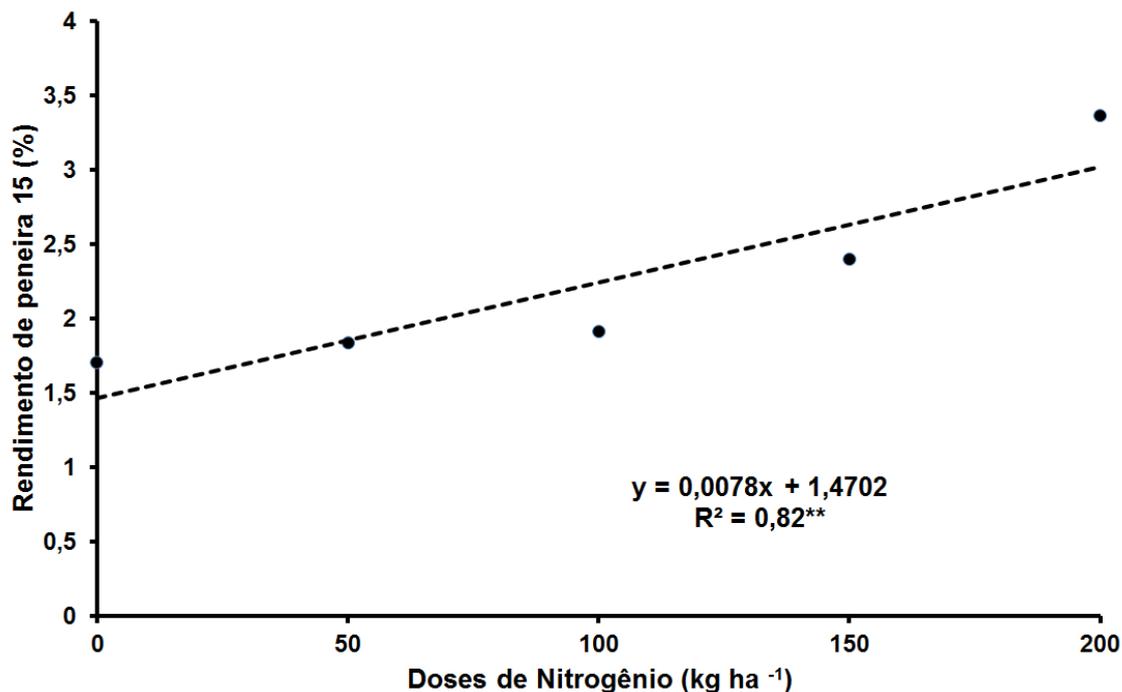
O rendimento de peneira 13 (RP13) foi em média 40,12%, porém o feijoeiro cultivado em sucessão ao milho exclusivo apresentou RP13 superior ao milho consorciado com *U. ruziziensis* e *C. spectabilis*, o qual foi refletido no rendimento do conjunto de peneiras maior ou igual a 12 (RP≥12). Em outros trabalhos, os autores também obtiveram efeito de SC para o RP≥12, porém os maiores valores

observados para esta variável ocorreram quando o feijoeiro foi cultivado em sucessão a *U. ruziziensis* exclusiva (FIORENTIN et al., 2012; CARMEIS FILHO et al., 2014) e milho consorciado com *U. ruziziensis* e *C. spectabilis* (SOUZA, 2016), sendo superiores ao cultivo exclusivo do milho.

Apesar do  $RP \geq 12$  ter variado de 82,1% para o  $SC_{M+C}$  a 85,6% para o  $SC_M$  ele manteve-se acima de 70%, valor considerado referência para as empacotadoras de feijão, as quais fornecem um ágio financeiro (gratificação) na comercialização de lotes que atendem essas exigências, caracterizado como grãos graúdos (CARBONELL et al., 2010). A aplicação de doses de N em cobertura apresentou efeito significativo para o RP14 e RP15, pelo teste F e Tukey a 5% de probabilidade (Tabela 12). O fornecimento de N resultou em resposta linear crescente para o RP14 (Figura 14) e RP15 (Figura 15), sendo que a dose de  $200 \text{ kg ha}^{-1}$  não foi suficiente para encontrar o ponto de máximo rendimento para as respectivas peneiras, conforme o observado na literatura para as doses de 0, 40, 80, 120,  $160 \text{ kg ha}^{-1}$  de N em cobertura (CARMEIS FILHO, 2013).



**Figura 14.** Rendimento de peneira 14 em função das doses de nitrogênio aplicadas em cobertura no feijoeiro, cultivar IAC Alvorada, em Jaboticabal-SP, safra 2016. \*\*Significativo a 1% pelo teste F.



**Figura 15.** Rendimento de peneira 15 em função das doses de nitrogênio aplicadas em cobertura no feijoeiro, cultivar IAC Alvorada, em Jaboticabal-SP, safra 2016. \*\*Significativo a 1% pelo teste F.

Em relação ao teor de proteína bruta no grão (TPB), tanto os SC anteriores quanto às doses de N em cobertura resultaram em efeito significativo na variável (Tabela 13). Observou-se que o TPB para o feijoeiro cultivado no SC<sub>M+C</sub> foi em torno de 4,3% maior ao cultivado no SC<sub>M+B</sub>, sendo que os valores para o SC<sub>M</sub> (167,78 g kg<sup>-1</sup>), SC<sub>M+B</sub> (164,06 g kg<sup>-1</sup>) e SC<sub>M+C</sub> (171,06 g kg<sup>-1</sup>) encontraram-se abaixo dos relatados por Carbonell et al. (2008) e Souza (2016) para a mesma cultivar (IAC Alvorada), cultivada no estado de São Paulo. Para o tratamento doses de N, o TPB apresentou comportamento linear crescente (Figura 16), corroborando com os dados reportados por Amaral et al. (2016) e confirmando a hipótese que o aporte de N em cobertura favorece a síntese de proteínas no grão de feijão (GOMES JUNIOR; SÁ, 2010), destacando-se as aplicações tardias (SORATTO et al., 2011).

O tempo para cozimento dos grãos não foi afetado pelos tratamentos testados (Tabela 13), variando de 21 a 23 minutos para os sistemas de cultivo e de 21 a 24 minutos para as doses de N em cobertura, sendo que os valores médios foram superiores aos obtidos por Souza (2016), porém abaixo dos verificados por Carbonell et al. (2008), ambos para a cultivar IAC Alvorada. Dentre os valores

obtidos no experimento, todos os tratamentos enquadraram-se dentro da faixa de 21 a 28 minutos, portanto os grãos foram classificados como “resistência normal a cocção” seguindo a escala de Proctor e Watts (1987), assim como aceitáveis (menos que 30 minutos de cocção) de acordo com Ramalho e Abreu (2006).

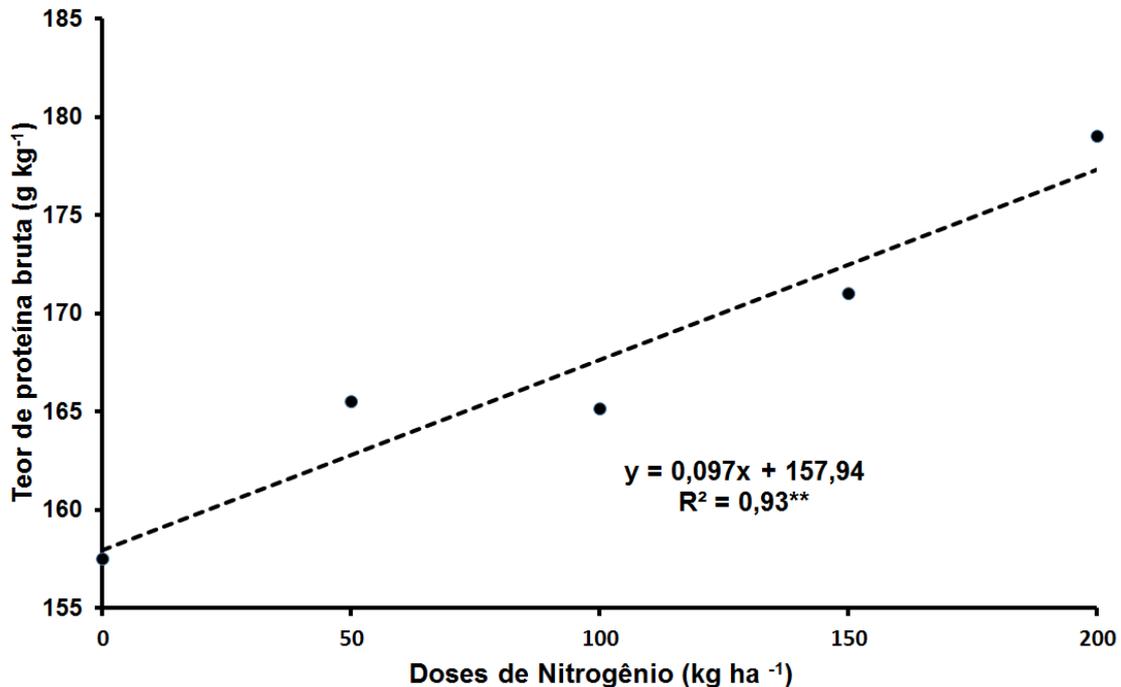
**Tabela 13.** Teor de proteína bruta no grão, tempo para cozimento, tempo para máxima hidratação e relação de hidratação de grãos do feijoeiro, cultivar IAC Alvorada, em função dos sistemas de cultivo antecessores e de doses de nitrogênio aplicadas em cobertura, Jaboticabal-SP, safra de inverno 2016 <sup>(1)</sup>.

Tratamentos	Teor de proteína bruta	Tempo para cozimento	Tempo para máxima hidratação	Relação de hidratação
	g kg <sup>-1</sup>	minutos	horas:minutos	-
Sistemas de cultivo (SC) <sup>(2)</sup>				
Milho	167,78 ab	22,8	11:54 a	2,06
Milho + <i>Urochloa ruziziensis</i>	164,06 b	21,4	11:43 ab	2,06
Milho + <i>Crotalaria spectabilis</i>	171,06 a	22,8	11:26 b	2,05
CV (%)	2,88	9,40	3,03	0,77
DMS (Tukey - p<0,05)	4,682	2,034	00:21	0,0153
Doses de Nitrogênio (DN) <sup>(3)</sup>				
0	157,50 b	23,5	12:06	2,05
50	165,52 ab	22,2	11:42	2,05
100	165,16 ab	21,1	11:49	2,05
150	170,99 ab	22,0	11:30	2,06
200	179,01 a	22,8	11:25	2,07
CV (%)	9,48	10,48	5,87	0,79
DMS (Tukey - p<0,05)	18,629	2,739	00:48	0,0191
Teste F				
SC	10,53*	3,08 <sup>ns</sup>	9,07*	1,15 <sup>ns</sup>
DN	3,02*	1,77 <sup>ns</sup>	1,47 <sup>ns</sup>	1,54 <sup>ns</sup>
SC x DN	1,48 <sup>ns</sup>	2,07 <sup>ns</sup>	0,39 <sup>ns</sup>	0,34 <sup>ns</sup>
Média geral	167,64	22,30	11:41	2,06

<sup>(1)</sup> Médias seguidas por letras distintas na coluna, dentro de cada fator, diferem entre si pelo teste Tukey (p<0,05). \* (p<0,05), \*\* (p<0,01) e <sup>ns</sup> (não significativo), respectivamente pelo teste F. <sup>(2)</sup> Sistemas de cultivos antecessores ao feijoeiro. <sup>(3)</sup> Quantidade de N aplicada em cobertura no feijoeiro no V<sub>4.4</sub> (presença da quarta folha trifoliada).

Para a capacidade de hidratação, a variável relação de hidratação não foi alterada pelos tratamentos SC e doses de N em cobertura (Tabela 13). Contudo, após 16 horas de embebição a massa dos grãos de feijão dobraram, ou seja, foi absorvido o equivalente a massa inicial dos grãos em moléculas de água,

corroborando com o verificado por Carmeis Filho et al. (2014), Farinelli e Lemos (2010), Mingotte (2015) e Souza (2016).



**Figura 16.** Teor de proteína bruta no grão em função das doses de nitrogênio aplicadas em cobertura no feijoeiro, cultivar IAC Alvorada, em Jaboticabal-SP, safra 2016. \*\*Significativo a 1% pelo teste F.

Para o tempo necessário para máxima hidratação dos grãos (TMH), foi verificado efeito para SC, porém o incremento de doses de N em cobertura não apresentou efeito significativo pelo teste F. Apesar dos grãos de feijão provenientes da sucessão de SC<sub>M+C</sub> necessitarem de 28 minutos a menos para atingir a máxima hidratação, comparado ao SC<sub>M</sub>, os resultados estiveram dentro do intervalo considerado padrão de 12 horas para o consumidor brasileiro, sendo a embebição realizada na noite anterior ao preparo (FARINELLI; LEMOS, 2010). Independentemente dos tratamentos estudados, o tempo necessário para máxima hidratação do grão variou de 11h04min até 12h42min na cultivar IAC Alvorada (Tabela 14).

Embora os resultados apresentados estejam dentro dos padrões recomendados, recentes evidências têm demonstrado a crescente demanda por pesquisas relacionadas às características qualitativas do feijoeiro (AMARAL et al.,

2016), visando investigar em diferentes condições edafoclimáticas o efeito das práticas agrônômicas nos atributos qualitativos do grão.

**Tabela 14.** Equações de regressão ajustadas para obtenção do tempo para máxima hidratação dos grãos (TMH) do feijoeiro, cultivar IAC Alvorada, em função dos sistemas de cultivo antecessores e de doses de nitrogênio aplicadas em cobertura, Jaboticabal-SP, safra de inverno 2016 <sup>(1)</sup>.

Sistema de Cultivo	Doses de N	Equação de regressão	R <sup>2</sup>	TMH
Milho	0	$y = -0,0001x^2 + 0,1467x + 7,18$	0,91**	12:14
	50	$y = -0,0001x^2 + 0,1354x + 9,06$	0,89**	11:17
	100	$y = -0,0001x^2 + 0,1288x + 8,66$	0,89**	11:56
	150	$y = -0,0001x^2 + 0,1329x + 9,50$	0,88**	11:04
	200	$y = -0,0001x^2 + 0,1323x + 7,70$	0,91**	12:15
Milho + <i>Urochloa ruziziensis</i>	0	$y = -0,0001x^2 + 0,1371x + 8,75$	0,91**	12:42
	50	$y = -0,0001x^2 + 0,1368x + 8,96$	0,90**	11:24
	100	$y = -0,0001x^2 + 0,1383x + 7,99$	0,92**	11:31
	150	$y = -0,0001x^2 + 0,1435x + 8,84$	0,91**	11:57
	200	$y = -0,0001x^2 + 0,1369x + 7,91$	0,91**	11:24
Milho + <i>Crotalaria spectabilis</i>	0	$y = -0,0001x^2 + 0,1344x + 8,48$	0,90**	11:12
	50	$y = -0,0001x^2 + 0,1455x + 8,67$	0,90**	12:07
	100	$y = -0,0001x^2 + 0,1358x + 8,87$	0,90**	11:19
	150	$y = -0,0001x^2 + 0,1372x + 8,29$	0,91**	11:26
	200	$y = -0,0001x^2 + 0,1409x + 8,51$	0,91**	11:45

<sup>(1)</sup> x = tempo para a hidratação (minutos) e y = quantidade de água absorvida (mL). R<sup>2</sup> = coeficiente de determinação; \*\* (p<0,01) pelo teste F. <sup>(2)</sup> Sistemas de cultivos antecessores ao feijoeiro. <sup>(3)</sup> Quantidade de N aplicada em cobertura no feijoeiro no V<sub>4-4</sub> (presença da quarta folha trifoliada).

## 5. CONCLUSÕES

1. A viabilidade dos sistemas de cultivo de milho consorciado com *U. ruziziensis* ou *C. spectabilis* foi confirmada, pois não houve redução na produtividade de grãos do milho em relação ao sistema de cultivo exclusivo.

2. Sistemas de cultivo de milho com *U. ruziziensis* ou *C. spectabilis* promovem maior produção de palhada e maior acúmulo de N na palha, possibilitando a implantação e manutenção do sistema de plantio direto de qualidade na palha.

3. O feijoeiro apresenta maior produtividade de grãos cultivado após milho consorciado com *C. spectabilis*, no ano de implantação do sistema de plantio direto.

4. A adubação nitrogenada no feijoeiro promoveu comportamento linear crescente das variáveis: teor de nitrogênio foliar, número de vagens por planta, massa de 100 grãos e produtividade de grãos.

5. A maior eficiência agronômica do feijoeiro foi em sucessão a milho consorciado com *C. spectabilis*, na dose de 50 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio.

6. Os sistemas de cultivo e as doses de nitrogênio testadas no feijoeiro proporcionaram em média, rendimento de peneira maior ou igual a 12 (RP≥12) acima de 80%, sendo que a variável em questão foi superior no feijoeiro cultivado após milho exclusivo.

7. As doses de nitrogênio em cobertura proporcionaram valores adequados para os atributos qualitativos do grão do feijoeiro, e o teor de proteína bruta foi maior na dose de 200 kg ha<sup>-1</sup>.

8. O sistema de produção de milho consorciado com *C. spectabilis* proporcionou maior teor de proteína bruta e menor tempo para máxima hidratação no grão de feijão.

## 6. REFERÊNCIAS

AITA, C.; GIACOMINI, S.J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura de solo solteiras e consorciadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, p. 601-612, 2003.

AMARAL, C. B.; PINTO, C. C.; DE ARAÚJO FLÔRES, J.; MINGOTTE, F. L. C.; LEMOS, L. B.; FORNASIERI FILHO, D. Produtividade e qualidade do feijoeiro cultivado sobre palhadas de gramíneas e adubado com nitrogênio em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 9, p. 1602-1609, 2016.

AMBROSANO, E. J.; WUTKE, E. B.; BULISANI, E. A.; CANTARELLA, H. Feijão. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Org.). **Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: 2. ed. IAC, 1997, p. 194-195. (Boletim Técnico, 100).

ANDRIOLI, I.; CENTURION, J. F. Levantamento detalhado dos solos da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 1999, Brasília. **Anais...** Brasília: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1999. p. 1-4.

AOAC. Official methods of analysis of AOAC International. In: **Protein** 20. ed. Washington: Association of Official Analytical Chemists, 2016. p. 24.

ARF, M. V.; BUZETTI, S.; ARF, O.; KAPPES, C.; FERREIRA, J. P.; GITTI, D. C.; YAMAMOTO, C. J. T. Fontes e épocas de aplicação de nitrogênio em feijoeiro de inverno sob sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 3, p. 430-438, 2011.

BARBOSA FILHO, M. P.; COBUCCI, T.; FAGERIA, N. K.; MENDES, P. N. Época de aplicação de nitrogênio no feijoeiro irrigado monitorada com auxílio de sensor portátil. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 2, p. 425-431, 2009.

BARBOSA, J. C.; MALDONADO JR, W. **Experimentação Agronômica & AgroEstat**: sistema para análises estatísticas de ensaios agronômicos. 1. ed. Jaboticabal: Gráfica Multipress Ltda, 2015. p. 247-278.

BARNES, J. D.; BALAGUER, L.; MANRIQUE, E.; ELVIRA, S.; DAVISON, A. W. A reappraisal of the use of DMSO for the extraction and determination of chlorophylls a and b in lichens and higher plants. **Environmental and Experimental Botany**, Amsterdam, v. 32, n. 2, p. 85-100, 1991.

BAYER, C.; GOMES, J.; ZANATTA, J. A.; VIEIRA, F. C. B.; DIECKOW, J. Mitigating greenhouse gas emissions from a subtropical Ultisol by using long-term no-tillage in combination with legume cover crops. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 161, p. 86-94, 2016.

BINOTTI, F. F. S.; ARF, O.; SÁ, M. E.; BUZETTI, S.; ALVAREZ, A. C. C.; KAMIMURA, K. M. Fontes, doses e modo de aplicação de nitrogênio em feijoeiro no sistema plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 2, p. 473-481, 2009.

BORCHI, E.; CRUSCIOL, C. A. C.; MATEUS, G. P.; NASCENTE, A. S.; MARTINS, P. O. Intercropping time of corn and palisadegrass or guineagrass affecting grain yield and forage production. **Crop Science**, Madison, v. 53, n. 2, p. 629-636, 2013.

BRASIL. Secretaria de Política Agrícola. **Plano agrícola e pecuário 2010-2011**. Brasília, DF, 2010. 48 p.

BRITO, M. M. P.; MUROAKA, T.; SILVA, E. C. Contribuição da fixação biológica de nitrogênio, fertilizante nitrogenado e nitrogênio do solo no desenvolvimento de feijão e caupi. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 1, p. 206-215, 2011.

BUCHANAN, B. B.; GRUISSEM, W.; JONES, R. L. **Biochemistry & molecular biology of plants**. Rockville: American Society of Plant Physiologists, 2000. p. 787-799.

BUTENSCHOEN, O.; SCHEU, S.; EISENHAUER, N. Interactive effects of warming, soil humidity and plant diversity on litter decomposition and microbial activity. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 43, n. 9, p. 1902-1907, 2011.

CARBONELL, S. A. M.; CHIORATO, A. F.; ITO, M. F.; PERINA, E. F.; GONÇALVES, J. G. R.; SOUZA, P. S.; GALLO, P. B.; TICELLI, M.; COLOMBO, C. A.; AZEVEDO FILHO, J. A. IAC-Alvorada and IAC-Diplomata: New common bean cultivars. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 8, n. 2, p. 163-166, 2008.

CARBONELL, S. A. M.; CHIORATO, A. F.; GONÇALVES, J. G. R.; PERINA, E. F.; CARVALHO, C. R. L. Tamanho de grão comercial em cultivares de feijoeiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 10, p. 2067-2073, 2010.

CARDOSO, S.M. **Fontes e doses de nitrogênio na nutrição, produção e qualidade do feijoeiro**. 2011. 65 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2011.

CARMEIS FILHO, A. C. A. **Adubação nitrogenada no feijoeiro em sistemas de cultivo com milho e braquiária no plantio direto**. 2013. 54 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Produção Vegetal). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2013.

CARMEIS FILHO, A. C. A.; CUNHA, T. P. L.; MINGOTTE, F. L. C.; AMARAL, C. B.; LEMOS, L. B.; FORNASIERI FILHO, D. Adubação nitrogenada no feijoeiro após palhada de milho e braquiária no plantio direto. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 27, n. 2, p. 66-75, 2014.

CECCON, G. Milho safrinha com solo protegido e retorno econômico em Mato Grosso do Sul. **Revista Plantio Direto**, v.17, p. 17-20, 2007.

CECCON, G.; BORGHI, E.; CRUSCIOL, C. A. C. Modalidade e métodos de implantação do consórcio milho-braquiária. In: CECCON, G. (Ed.). **Consórcio milho-braquiária**. 1. ed. Brasília: EMBRAPA, 2013. p. 25-46.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos: oitavo levantamento, safra 2016/17**. 2017, v. 4, n. 8, p. 16-26. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 29 de maio de 2017.

COSTA, N. R.; ANDREOTTI, M.; BUZETTI, S.; LOPES, K. S. M.; SANTOS, F. G.; PARIZ, C. M. Acúmulo de macronutrientes e decomposição da palhada de braquiárias em razão da adubação nitrogenada durante e após o consórcio com a cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 38, n. 4, p. 1223-1233, 2014a.

COSTA, N. R.; ANDREOTTI, M.; FERNANDES, J. C.; CAVASANO, F. A.; ULIAN, N. A.; PARIZ, C. M.; SANTOS, F. G. Acúmulo de nutrientes e decomposição da palhada de braquiárias em função do manejo de corte e produção do milho em sucessão. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Pernambuco, v. 9, n. 2, p. 166-173, 2014b.

CRUSCIOL, C. A. C.; SORATTO, R. P.; SILVA, L. M. D.; LEMOS, L. B. Fontes e doses de nitrogênio para o feijoeiro em sucessão a gramíneas no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 6, p. 1545-1552, 2007.

CUNHA, T. P. L. **Adubação nitrogenada no feijoeiro irrigado em sucessão à milho e braquiária em plantio direto**. 2013. 51 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Produção Vegetal). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2013.

DERPSCH, R.; FRANZLUEBBERS, A. J.; DUIKER, S. W.; REICOSKY, D. C.; KOELLER, K.; FRIEDRICH, T.; STURNY, W. G.; SÁ, J. C. M.; WEISS, K. Why do we need to standardize no-tillage research?. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 137, p. 16-22, 2014.

DOURADO NETO, D.; FANCELLI, A. L. Ecofisiologia e fenologia. In: **Produção de feijão**. Piracicaba: Fealq. 2000. p. 23-47.

DURIGAN, J. F. **Influência do tempo e das condições de estocagem sobre as propriedades químicas, físico-mecânicas e nutricionais do feijão mulatinho (*Phaseolus vulgaris* L.)**. 1979. 81 f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade de Campinas, Campinas, 1979.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação dos solos**. 3. ed. Brasília: EMBRAPA, 2013. p. 197-201.

FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C. Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants. **Advances in Agronomy**, Maryland Heights, v. 88, p. 97-185, 2005.

FAGERIA, N. K.; SANTOS, A. B. dos. Yield physiology of dry bean. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 31, p. 983-1004, 2008.

FAGERIA, N. K.; MELO, L. C.; DE OLIVEIRA, J. Nitrogen use efficiency in dry bean genotypes. **Journal of plant nutrition**, New York, v. 36, p. 2179-2190, 2013.

FAGERIA, N. K.; STONE, L. F.; SANTOS, A. B. ; CARVALHO, M. C. S. **Nutrição mineral do feijoeiro**. Embrapa: Brasília, 2015. p. 9, 95-152.

FARINELLI, R.; LEMOS, L. B. Produtividade, eficiência agrônômica, características nutricionais e tecnológicas do feijão adubado com nitrogênio em plantio direto e convencional. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 1, p. 165-172, 2010.

FEBRAPDP. Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha. **Evolução da área cultivada no sistema de plantio direto na palhada - Brasil. 2010**. Disponível em: <<http://www.febrapdp.org.br>>. Acesso em: 29 de maio de 2017.

FERREIRA, E. A.; COLETTI, A. J.; SILVA, W. M.; MACEDO, F. G.; ALBUQUERQUE, A. N. Desempenho e uso eficiente da terra de modalidades de consorciação com milho e forrageiras. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 27, n. 3, p. 22-29, 2014.

FIORENTIN, C. F.; LEMOS, L. B.; JARDIM, C. A.; FORNASIERI FILHO, D. Formação e manutenção de palhada de gramíneas concomitante à influência da adubação nitrogenada em cobertura no feijoeiro irrigado em sistema de semeadura direta. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 4, p. 917-924, 2011.

FIORENTIN, C. F.; LEMOS, L. B.; JARDIM, C. A.; FORNASIERI FILHO, D. Adubação nitrogenada de cobertura no feijoeiro de inverno-primavera em três sistemas de cultivo. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 1, p. 2825-2836, 2012.

FORNASIERI FILHO, D. **Manual da cultura do milho**. Jaboticabal: FUNEP, 2007. 576p.

GILLER, K. E. **Nitrogen fixation in tropical cropping systems**. Wallingford: CBA International, 2001. 448p.

GITTI, D. C.; ARF, O.; VILELA, R. G.; PORTUGAL, J. R.; KANEKO, F. H.; RODRIGUES, R. A. F. Épocas de semeadura de crotalária em consórcio com milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 11, n. 2, p. 156-168, 2012.

GOMES JUNIOR, F. G.; SÁ, M. E.; VALÉRIO FILHO, W. V. Nitrogênio no feijoeiro em sistema plantio direto sobre gramíneas. **Acta Scientiarum: Agronomy**, Maringá, v. 30, n. 3, p. 387-395, 2008.

GOMES JUNIOR, F. G.; SÁ, M. E. Proteína e qualidade de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) em função da adubação nitrogenada em plantio direto. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 32, n. 1, p. 34-44, 2010.

HANGROVE, W. L. Soil, environmental, and management factors influencing ammonia volatilization under field conditions. In: BOOK, B.R.; KISSEL, D.E. (Ed.). **Ammonia volatilization from urea fertilizers**. Muscle Shoals: National Fertilizers Development Center. Tennessee Valley Authority, 1988. p.17-36.

HEINRICH, R.; VITTI, G. C.; MOREIRA, A.; FIGUEIREDO, P. A. M. de; FANCELLI, A. L.; CORAZZA, E. J. Características químicas de solo e rendimento de fitomassa de adubos verdes e de grãos de milho, decorrente do cultivo consorciado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 1, p. 71-79, 2005.

KAISER, M.; PIEGHOLDT, C.; ANDRUSCHKEWITSCH, R.; LINSLER, D.; KOCH, H. J.; LUDWIG, B. Impact of tillage intensity on carbon and nitrogen pools in surface and sub-surface soils of three long-term field experiments. **European journal of soil science**, Malden, v. 65, n. 4, p. 499-509, 2014.

KAPPES, C.; ANDRADE, J. D. C.; ARF, O.; OLIVEIRA, Â. D.; ARF, M. V.; FERREIRA, J. P. Arranjo de plantas para diferentes híbridos de milho. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 3, p. 348-359, 2011.

KAPPES, C.; ZANCANARO, L. Sistemas de consórcios de braquiária e de crotalárias com a cultura do milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 14, n. 2, p. 219-234, 2015.

KLUTHCOUSKI, J.; COBUCCI, T.; AIDAR, H.; YOKOYAMA, L. P.; OLIVEIRA, I. P.; COSTA, J. L. S. C.; SILVA, J. G.; VILELA, L.; BARCELLOS, A. O.; MAGNABOSCO, C. U. **Sistema Santa Fé-Tecnologia Embrapa**: integração lavoura-pecuária pelo consórcio de culturas anuais com forrageiras, em áreas de lavoura, nos sistemas direto e convencional. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2000. 28p. (Embrapa Arroz e Feijão. Circular técnica, 38).

KLUTHCOUSKI, J.; COBUCCI, T.; AIDAR, H.; COSTA, J. L. S.; PORTELA, C. **Cultivo do feijoeiro em palhada de braquiária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. 28 p. (Documentos, 157).

KLUTHCOUSKI, J.; CORDEIRO, L. A. M.; CECCON, G.; OLIVEIRA, P. Braquiária na agropecuária brasileira: uma história de sucesso. In: CECCON, G. (Ed.). **Consórcio Milho-Braquiária**. Brasília: Embrapa, 2013. p. 15-23.

KNIGHTON, N.; BUGBEE, B. **A comparison of Opt-Sciences CCM-200 chlorophyll meter and the Minolta SPAD 502 chlorophyll meter**. Logan: Utah State University, Crop Physiology Department, 2002. 2p.

LAFLEN, J. M.; AMEMIYA, A.; HINTZ, E. A. Measuring crop residues cover. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeny, v. 36, n. 6, p. 341-343, 1981.

LEMOS, L. B.; MINGOTTE, F. L. C.; FARINELLI, R. Cultivares. In: ARF, O.; LEMOS, L. B.; SORATTO, R. P.; FERRARI, S. (Ed.). **Aspectos gerais da cultura do feijão-Phaseolus vulgaris L**. Botucatu: FEPAF, 2015. p. 181-207.

MACHADO, L. A. Z.; CECATO, U.; JANK, L.; VERZIGNASSI, J. R.; VALLE, C. B. Identificação e características de forrageiras perenes para consórcio com milho. In: CECCON, G. (Ed.). **Consórcio Milho-Braquiária**. Brasília: Embrapa, 2013. p. 47-68.

MAIA, S. C. M.; SORATTO, R. P.; BIAZOTTO, F. D. O.; ALMEIDA, A. Q. D. Estimativa da necessidade de nitrogênio em cobertura no feijoeiro IAC Alvorada com clorofilômetro portátil. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 5, p. 2229-2238, 2013.

MAIA, S. C. M. **Critérios para o manejo da adubação nitrogenada na cultura do feijão utilizando clorofilômetro portátil**. 2014. 104 f. Tese (Doutorado em Agronomia - Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu, 2014.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Potafós, 2 ed., p. 148-241, 1997.

MARCELO, A. V.; CORÁ, J. E.; FERNANDES, C. Sequências de culturas em sistema de semeadura direta. II - Decomposição e liberação de nutrientes na entressafra. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 36, n. 5, p.1568-1582, 2012.

MAROCHI, A. I. **Manejo de plantas de cobertura no sistema plantio direto**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2006. p. 4-5. (Informações Agronômicas, 116).

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 3 ed. London Academic Press, 2012. 651p.

MINGOTTE, F.L.C. **Sistemas de cultivo com milho e braquiária e nitrogênio em cobertura no feijoeiro em sucessão no plantio direto**. 2015. 101 f. Tese (Doutorado em Agronomia – Produção Vegetal). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2015.

MULVANEY, M. J.; WOOD, C. W.; BALKCOM, K. S.; SHANNON, D. A.; KEMBLE, J. M. Carbon and nitrogen mineralization and persistence of organic residues under conservation and conventional tillage. **Agronomy journal**, Madison, v. 102, n. 5, p. 1425-1433, 2010.

NASCENTE, A. S.; GUIMARÃES, C. M.; COBUCCI, T.; CRUSCIOL, C. A. C. *Brachiaria ruziziensis* and herbicide on yield of upland rice. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 30, n. 4, p. 729-735, 2012.

NOGUEIRA, C. H. P.; CORREIA, N. M. Selectivity of Herbicides Bentazon and Nicosulfuron for *Crotalaria juncea* Intercropped with Maize Culture. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 34, n. 4, p. 747-758, 2016.

OLIVEIRA, P. de; KLUTHCOUSKI, J.; FAVARIN, J. L.; SANTOS, D. de C. **Sistema Santa Brígida – Tecnologia Embrapa**: Consorciação de Milho com Leguminosas. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2010. 16p. (Embrapa Arroz e Feijão. Circular técnica, 88).

PACHECO, L. P.; BARBOSA, J. M.; LEANDRO, W. M.; MACHADO, P. D. A.; ASSIS, R. D.; MADARI, B. E.; PETTER, F. A. 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**, Viçosa, v. 35, n. 5, p. 1787-1799, 2011.

PAVANI, L. C.; LOPES, A. S.; GALBEIRO, R. B. Manejo da irrigação na cultura do feijoeiro em sistemas plantio direto e convencional. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 28, n. 1, p. 12-21, 2008.

PEREIRA FILHO, I. A.; FERREIRA, A. D. S.; COELHO, A. M.; CASELA, C. R.; KARAM, D.; RODRIGUES, J. A. S.; CRUZ, J. C.; WAQUIL, J. M. **Manejo da cultura do milho**. Sete Lagoas: EMBRAPA milho e sorgo, 2003. 17p. (Circular Técnica, 29).

PERES, A. A. G.; SORATTO, R. P.; MANZATTO, N. P.; SOUZA, E. F. C. de. Extração e exportação de nutrientes pelo feijoeiro adubado com nitrogênio, em diferentes tempos de implantação do sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 37, n. 5, p. 1276-1287, 2013.

PRETTY, J. Agricultural sustainability: concepts, principles and evidence. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, London, v. 363, n. 1491, p. 447-465, 2008.

PROCTOR, J. R.; WATTS, B. M. Development of a modified Mattson bean cooker procedure based on sensory panel cookability evaluation. **Canadian Institute of Food Science and Technology Journal**, Toronto, v. 20, n. 1, p. 9-14, 1987.

RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H. Milho para grão e silagem. In: RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Ed.). **Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: IAC, 1997. p. 56-59. (Boletim Técnico, 100).

RAIJ, B. van.; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas, Instituto Agrônomo de Campinas, 2001. 285p.

RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B. Cultivares. In: VIEIRA, C.; PAULA JUNIOR, T. J. P.; BOREM, A. (Ed.). **Feijão**. 2. ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2006. p. 415-436.

REDIN, M.; GIACOMINI, S. J.; FERREIRA, P. A. A.; ECKHARDT, D. P. Plantas de cobertura de solo e agricultura sustentável: espécies, matéria seca e ciclagem de carbono e nitrogênio. In: TIECHER, T. (Org.) **Manejo e conservação do solo e da água em pequenas propriedades rurais no sul do Brasil: práticas alternativas de manejo visando a conservação do solo e da água**. Porto Alegre: UFRGS, 2016, p. 8.

REIS JÚNIOR, R. A. Kimcoat N - Uma nova ferramenta para a otimização do uso de fertilizantes. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S (Ed.). **Informações recentes para otimização agrícola**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2007. p. 13-14. (Informações Agronômicas, 117).

RITCHIE, S. W.; HANWAY, J. J.; BENSON, G. O. **Como a planta de milho se desenvolve**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2003. 20p. (Informações Agronômicas, 103).

SALGADO, F. H. M.; SILVA, J.; OLIVEIRA, T. C.; BARROS, H. B.; PASSOS, N. G.; FIDELIS, R. R. Eficiência de genótipos de feijoeiro em resposta à adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n. 4, p. 368-374, 2012.

SANT'ANA, E. V. P.; SANTOS, A. B. dos; SILVEIRA, P. M. Adubação nitrogenada na produtividade, leitura SPAD e teor de nitrogênio em folhas de feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 40, n. 4, p. 491-496, 2010.

SANTOS, P. A.; SILVA, A. D.; CARVALHO, M. D.; CAIONE, G. Adubos verdes e adubação nitrogenada em cobertura no cultivo do milho. **Revista brasileira de milho e sorgo**, Sete Lagoas, v. 9, n. 2, p. 123-134, 2010.

SEPÚLVEDA, B. R.; CARRILLO, A. A. The erosion threshold for a sustainable agriculture in cultures of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under conventional tillage and no-tillage in Northern Nicaragua. **Soil Use and Management**, Cranfield, v. 32, n. 3, p. 368-380, 2016.

SHARKEY, T.; VOGELMANN, T.; EHLERINGER, J.; SANDQUIST, D. Fotossíntese: considerações fisiológicas e ecológicas. In: TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal** 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. p. 243-270.

SILVA, E. C. da; MURAOKA, T.; BUZETTI, S.; TRIVELIN, P. C. O. Manejo de nitrogênio no milho sob plantio direto com diferentes plantas de cobertura, em Latossolo Vermelho. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 41, n. 3, p. 477-486, 2006.

SILVA, E. C. da; MURAOKA, T.; BUZETTI, S.; ESPINAL, F. S. C.; TRIVELIN, P. C. O. Utilização do nitrogênio da palha de milho e de adubos verdes pela cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 2853-2861, 2008.

SILVEIRA, P. M.; SILVA, J. H. da; JUNIOR, M. L.; CUNHA, P. C. R. da. Atributos do solo e produtividade do milho e do feijoeiro irrigado sob sistema integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 10, p. 1170-1175, 2011.

SILVEIRA, P. M.; GONZAGA, A; C; O. Portable chlorophyll meter can estimate the nitrogen sufficiency index and levels of topdressing nitrogen in common bean. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 47, n. 1, p. 1-6, 2017.

SITHOLE, N. J.; MAGWAZA, L. S.; MAFONGOYA, P. L. Conservation agriculture and its impact on soil quality and maize yield: A South African perspective. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 162, p. 55-67, 2016.

SORATTO, R. P.; FERNANDES, A. M.; SOUZA, E. F. C.; SOUZA-SCHLICK, G. D. Produtividade e qualidade dos grãos de feijão em função da aplicação de nitrogênio em cobertura e via foliar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 6, p. 2019-2028, 2011.

SORATTO, R. P.; FERNANDES, A. M.; PILON, C.; CRUSCIOL, C. A. C.; BORGHI, E. Épocas de aplicação de nitrogênio em feijoeiro cultivado após milho solteiro ou consorciado com braquiária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 48, n. 10, p. 1351-1359, 2013.

SORATTO, R. P.; PEREZ, A. A. G.; FERNANDES, A. M. Age of no-till system and nitrogen management on common bean nutrition and yield. **Agronomy Journal**, Madison, v. 106, n. 3, p. 809-820, 2014.

SORATTO, R. P.; CATUCHI, T. A.; SOUZA, E. F. C. de; GARCIA, J. L. N. Plant density and nitrogen fertilization on common bean nutrition and yield. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 30, n. 3, p. 670-678, 2017.

SOUZA, E. F. C. de; SORATTO, R. P.; PAGANI, F. A. Aplicação de nitrogênio e inoculação com rizóbio em feijoeiro cultivado após milho consorciado com braquiária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46. n. 4, p. 370-377, 2011.

SOUZA, S. S. **Doses de nitrogênio em cobertura no feijoeiro de inverno em sucessão a sistemas de cultivo com milho exclusivo e consorciado com braquiária e com crotalária**. 2016. 48 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Produção Vegetal). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Jaboticabal, 2016.

VÁZQUEZ, A. C.; PRIETO, S. J. G. Fate of 15 N-fertilizers in the soil-plant system of a forage rotation under conservation and plough tillage. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 161, p. 10-18, 2016.

WANG. K.; SIPES, B. S.; SCHIMITT, D. P. Crotalaria as a cover crop for nematode management: A review. **Nematropica**, Gainesville, v. 32, n. 1, p. 35-57, 2002.

WUTKE, E. B.; CALEGARI, A.; WILDNER, L. P. Espécies de adubos verdes e plantas de cobertura e recomendações para o uso. In: LIMA FILHO, O. F.; AMBROSANO, E. J.; ROSSI, F; CARLOS, J. A. D. (Ed.). **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e práticas**. Brasília: Embrapa, 2014, p. 61-77.

## **APÊNDICES**

## Apêndice A. Dados climáticos diários do experimento

**Tabela 1A.** Valores diários de precipitação pluviométrica (P - mm), temperatura máxima e mínima do ar (T máx e T mín - °C), nos meses de dezembro e janeiro de 2015/2016, referentes ao ciclo do milho. VE: emergência (02/12/2015); V8: oitava folha completamente expandida (28/12/2015); VT: pendoamento (23/01/2016); R1: florescimento feminino (28/01/2016). Fonte: Estação Agroclimatológica Departamento de Ciências Exatas da FCAV/UNESP - Campus de Jaboticabal, SP.

Dia	Dezembro 2015			Janeiro 2016		
	T máx °C	T mín °C	P mm	T máx °C	T mín °C	P mm
01	31,5	19,4	0,4	30,9	20,6	8,6
02	32,9	20,8	31,4	28,9	21,3	0,4
03	31,7	19,9	0,0	27,3	21,3	0,8
04	32,1	20,5	78,6	29,4	20,4	0,0
05	31,0	19,6	0,0	30,8	21,1	0,0
06	29,8	20,6	7,6	31,3	20,2	0,0
07	27,5	21,2	9,0	32,1	20,8	0,0
08	31,4	20,1	38,0	31,2	21,8	8,8
09	29,6	19,5	0,0	27,1	21,6	16,6
10	25,9	19,6	7,7	29,8	21,3	17,9
11	31,3	19,9	0,6	27,1	20,8	57,7
12	31,3	20,0	0,0	23,1	21,2	64,6
13	29,1	19,5	0,0	25,4	21,6	17,6
14	32,1	22,0	0,0	25,1	21,0	79,2
15	32,2	19,9	41,6	25,1	21,4	116,3
16	27,4	19,5	0,0	28,4	19,6	0,0
17	33,5	19,4	0,0	29,5	17,7	0,0
18	34,3	19,8	0,0	28,8	19,1	0,0
19	31,6	19,6	0,0	27,3	20,1	1,9
20	31,2	20,7	0,0	29,9	19,0	0,0
21	32,6	20,4	0,2	29,8	18,6	0,0
22	32,6	21,9	0,8	31,3	18,0	0,0
23	31,8	21,7	0,0	32,0	18,4	0,0
24	33,6	21,0	0,0	32,7	19,8	0,0
25	32,8	20,0	46,0	32,6	18,9	9,0
26	28,6	20,1	2,0	33,0	19,7	8,1
27	29,2	19,5	19,0	31,3	21,4	5,0
28	27,8	19,8	9,3	30,9	20,2	9,6
29	23,3	19,8	9,7	28,0	20,3	23
30	27,0	19,8	3,5	31,5	20,0	0,0
31	30,1	20,8	0,9	32,7	20,0	0,0
Total	-	-	306,3	-	-	445,1

**Tabela 2A.** Valores diários de precipitação pluviométrica (P - mm), temperatura máxima e mínima do ar (T máx e T mín - °C), nos meses de fevereiro e março de 2016, referentes ao ciclo do milho. Fonte: Estação Agroclimatológica Departamento de Ciências Exatas da FCAV/UNESP - Campus de Jaboticabal, SP.

Dia	Fevereiro 2016			Março 2016		
	T máx	T mín	P	T máx	T mín	P
	°C	°C	mm	°C	°C	mm
01	33,7	20,3	0,0	27,4	19,2	6,4
02	35,4	20,8	0,0	29,6	20,3	5,0
03	34,0	21,4	0,0	29,6	20,4	10,4
04	32,9	20,6	10,0	30,5	20,0	0,0
05	33,9	20,9	0,0	29,8	19,9	3,3
06	30,6	20,9	0,0	30,8	19,2	0,0
07	32,4	20,1	34,4	31,8	19,9	0,0
08	30,1	20,0	0,0	33,6	19,9	22,0
09	32,5	20,2	0,0	32,1	20,5	2,1
10	32,9	20,7	0,0	30,4	20,9	19,1
11	33,1	20,8	12,3	29,9	21,1	0,0
12	31,6	20,1	0,0	29,6	19,6	0,0
13	33,3	19,9	0,0	32,4	19,6	6,5
14	33,9	21,6	9,0	32,3	19,2	13,1
15	32,3	20,9	24,6	29,9	20,1	6,5
16	29,6	20,0	0,0	29,1	19,4	0,0
17	32,7	21,0	24,0	31,5	19,0	0,3
18	30,7	20,5	33,8	32,0	18,5	0,0
19	31,7	19,9	15,8	32,6	20,5	0,0
20	31,7	21,1	2,5	33,1	18,6	0,0
21	27,0	20,4	8,6	33,2	19,4	0,0
22	28,9	20,2	3,7	32,5	20,9	0,0
23	27,2	20,0	0,0	31,9	19,2	7,6
24	27,0	19,9	6,4	27,6	18,7	2,4
25	31,4	19,6	0,0	26,3	20,1	14,0
26	32,7	19,8	1,5	29,0	20,0	9,0
27	30,7	21,4	9,3	30,5	20,2	0,0
28	30,8	21,2	5,1	31,1	20,4	0,2
29	28,9	20,0	5,0	32,3	18,7	0,0
30	-	-	-	31,6	20,4	0,0
31	-	-	-	32,6	20,1	0,0
Total	-	-	206,0	-	-	127,9

**Tabela 3A.** Valores diários de precipitação pluviométrica (P - mm), temperatura máxima e mínima do ar (T máx e T mín - °C), nos meses de abril e maio de 2016, referentes ao ciclo do milho. R6: maturidade fisiológica (12/04/2016); C: colheita (26/04/2016). Fonte: Estação Agroclimatológica Departamento de Ciências Exatas da FCAV/UNESP - Campus de Jaboticabal, SP.

Dia	Abril 2016			Maio 2016		
	T máx °C	T mín °C	P mm	T máx °C	T mín °C	P mm
01	33,2	20,0	0,0	25,2	9,8	0,0
02	33,3	19,4	0,0	28,1	9,3	0,0
03	34,1	20,3	0,0	29,5	11,7	0,0
04	33,1	20,1	0,0	29,3	13,4	0,0
05	32,3	19,3	0,0	29,2	14,1	0,0
06	33,1	18,4	0,0	30,5	13,8	0,0
07	33,1	18,5	0,0	30,3	16,4	0,0
08	33,2	18,8	0,0	30,8	17,5	0,0
09	34,1	19,5	0,0	31,6	17,6	0,0
10	33,6	19,0	0,0	22,5	16,1	0,8
11	33,2	18,9	0,0	26,5	14,8	5,0
12	32,7	20,0	0,0	27,2	17,3	0,0
13	32,7	20,1	0,0	26,5	16,3	0,0
14	33,2	20,8	0,0	28,2	14,8	0,0
15	32,9	19,3	0,0	30,0	15,2	12,6
16	32,3	18,1	0,0	28,3	18,6	14,8
17	32,5	17,9	0,0	25,8	17,6	0,0
18	32,3	18,5	0,0	25,7	15,5	0,0
19	31,7	17,5	0,0	26,3	17,0	0,5
20	32,4	18,7	0,0	29,9	17,1	47,5
21	32,0	17,8	0,0	24,2	17,9	1,8
22	33,3	18,0	0,0	29,7	16,7	0,8
23	32,5	17,7	0,0	20,9	12,1	1,2
24	32,4	19,1	0,0	22,1	9,5	0,0
25	32,7	17,7	0,0	27,6	11,1	0,0
26	23,9	19,4	8,9	28,1	13,5	0,0
27	19,8	12,1	0,0	28,6	15,1	0,0
28	21,5	9,1	0,0	28,1	16,0	0,0
29	19,4	13,5	0,2	18,1	14,1	5,6
30	23,4	11,4	0,0	17,1	12,7	27,6
31	-	-	-	23,7	15,7	5,9
Total	-	-	9,1	-	-	124,1

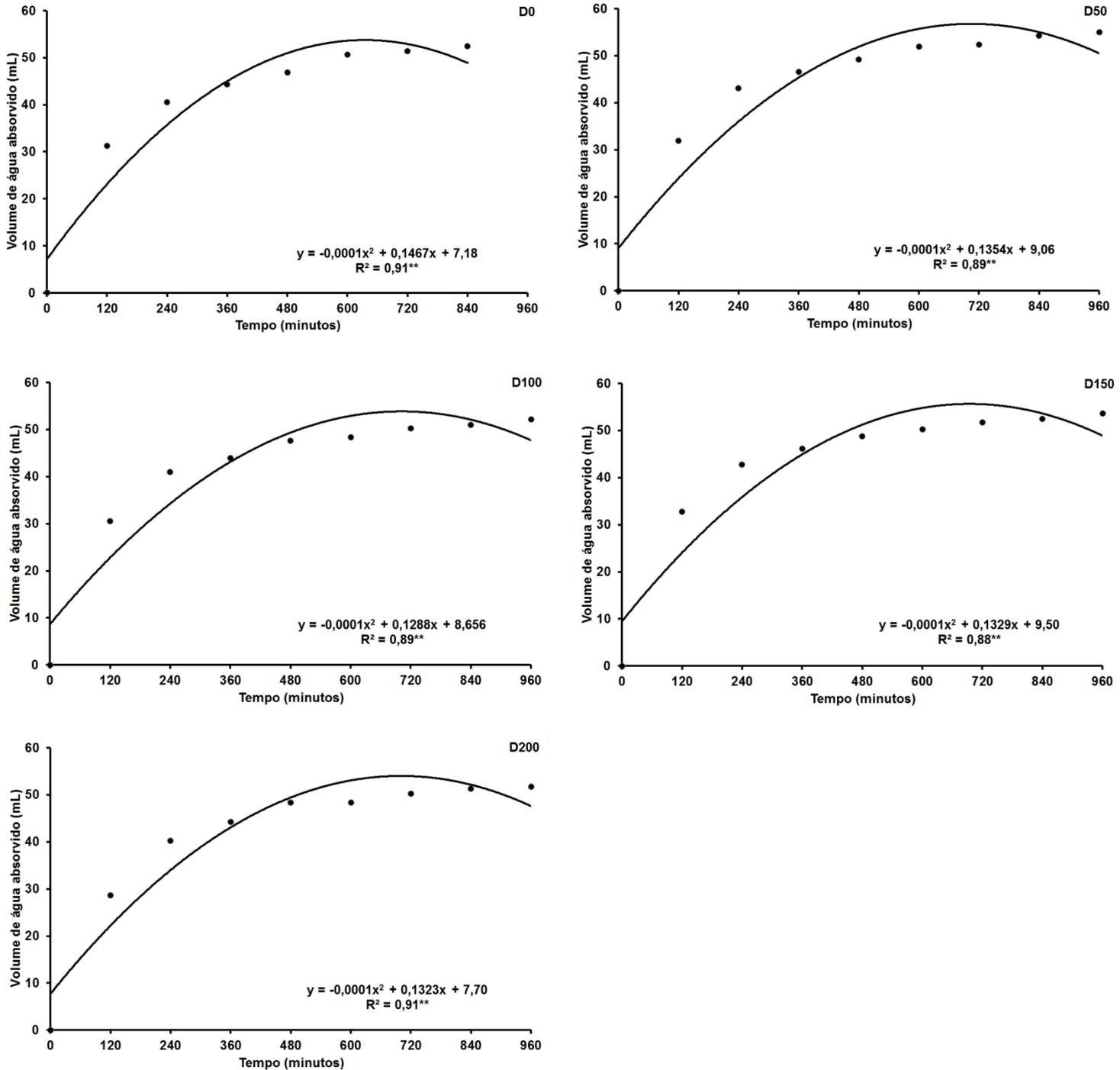
**Tabela 4A.** Valores diários de precipitação pluviométrica (P - mm), temperatura máxima e mínima do ar (T máx e T mín - °C), nos meses de junho e julho de 2016, referentes ao ciclo do feijoeiro. VE: emergência (26/06/2016); V4: terceiro trifólio completamente expandido (28/07/2016). Fonte: Estação Agroclimatológica Departamento de Ciências Exatas da FCAV/UNESP - Campus de Jaboticabal, SP.

Dia	Junho 2016			Julho 2016		
	T máx °C	T mín °C	P mm	T máx °C	T mín °C	P mm
01	28,0	16,3	31,4	26,7	15,0	0,0
02	24,8	16,3	45,7	27,4	13,8	0,0
03	21,8	16,0	3,5	27,5	13,5	0,0
04	25,9	19,3	0,0	27,3	14,4	0,0
05	28,4	19,0	5,0	27,9	13,8	0,0
06	27,6	19,1	15,2	27,5	15,2	0,0
07	20,7	15,6	6,6	25,0	11,2	0,0
08	20,7	13,8	0,0	26,2	8,0	0,0
09	20,8	10,8	0,0	29,3	9,4	0,0
10	21,7	10,2	0,0	29,8	13,4	0,0
11	21,4	10,7	0,0	30,6	14,8	0,0
12	19,8	7,2	0,0	30,5	14,2	0,0
13	22,3	5,0	0,0	31,4	14,0	0,0
14	25,2	8,0	0,0	30,1	15,2	0,0
15	26,3	13,0	0,0	30,9	14,1	0,0
16	26,4	13,1	0,0	29,3	13,4	0,0
17	27,1	12,1	0,0	20,5	9,1	0,0
18	28,5	11,7	0,0	24,0	4,7	0,0
19	28,7	12,0	0,0	25,9	7,7	0,0
20	28,6	12,7	0,0	26,7	10,4	0,0
21	25,5	11,4	0,0	26,8	10,7	0,0
22	27,2	12,8	2,5	25,2	11,5	0,0
23	26,5	13,9	0,0	29,0	11,0	0,0
24	27,7	14,2	0,0	29,9	14,7	0,0
25	26,9	14,1	0,0	29,4	15,2	0,0
26	25,1	12,4	0,0	29,5	12,8	0,0
27	25,5	11,3	0,0	30,3	13,9	0,0
28	25,2	10,6	0,0	28,6	14,7	0,0
29	26,3	12,2	0,0	29,4	14,1	0,0
30	26,3	14,1	0,0	28,0	13,2	0,0
31	-	-	-	27,2	13,5	0,0
Total	-	-	109,9	-	-	0,0

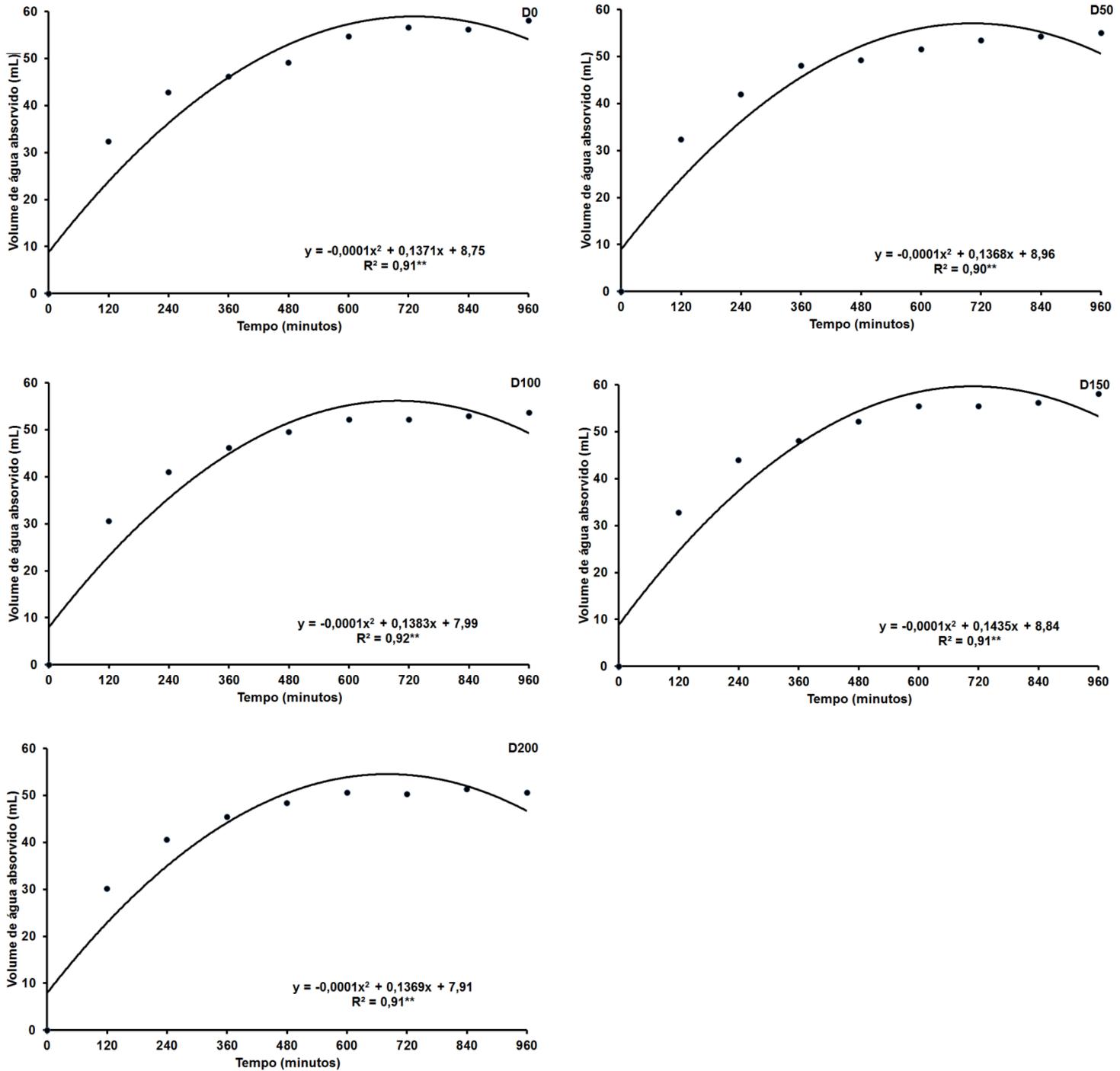
**Tabela 5A.** Valores diários de precipitação pluviométrica (P - mm), temperatura máxima e mínima do ar (T máx e T mín - °C), nos meses de agosto e setembro de 2016, referentes ao ciclo do feijoeiro. R6: florescimento pleno (18/08/2016); R9: maturidade fisiológica (26/09/2016); C: colheita (29/09/2016). Fonte: Estação Agroclimatológica Departamento de Ciências Exatas da FCAV/UNESP - Câmpus de Jaboticabal, SP.

Dia	Agosto 2016			Setembro 2016		
	T máx °C	T mín °C	P mm	T máx °C	T mín °C	P mm
01	27,9	14,2	0,0	27,4	14,5	0,0
02	28,8	15,3	0,0	32,4	14,4	4,7
03	28,3	12,9	0,0	29,6	18,5	0,0
04	29,1	13,5	0,0	23,8	17,2	0,3
05	30,5	16,2	0,0	30,4	16,8	1,2
06	31,1	15,2	0,0	24,0	16,8	3,2
07	32,2	13,9	0,0	23,4	15,0	0,0
08	32,7	14,9	0,0	26,5	12,2	0,0
09	30,7	15,1	0,0	29,7	14,0	0,0
10	20,1	12,0	0,2	33,0	15,5	0,0
11	23,5	8,4	0,0	33,1	17,3	0,0
12	25,9	7,8	0,0	33,0	17,7	0,0
13	29,9	8,5	0,0	34,6	18,1	0,0
14	33,0	13,3	0,0	31,4	18,1	0,0
15	32,6	14,9	17,3	29,5	17,0	0,0
16	24,6	16,0	0,0	31,9	13,9	0,0
17	31,4	14,4	0,0	34,9	16,8	0,0
18	33,4	16,1	0,0	36,1	20,7	0,0
19	34,2	15,1	1,4	34,6	17,7	8,4
20	26,0	19,0	32,3	28,9	15,3	0,0
21	21,0	10,7	5,2	26,8	9,0	0,0
22	20,2	9,1	0,0	31,0	11,5	0,0
23	27,5	8,3	0,0	33,6	13,9	0,0
24	29,8	12,3	0,0	31,9	15,8	0,0
25	31,2	14,4	0,0	29,3	14,9	0,0
26	30,2	14,1	0,0	29,4	11,6	0,0
27	31,6	13,3	0,0	30,1	11,9	0,0
28	32,8	15,7	0,0	33,0	13,9	0,0
29	32,7	16,6	0,0	33,6	16,4	0,0
30	28,9	17,3	6,5	33,5	14,0	0,0
31	19,1	15,1	8,9	-	-	-
Total	-	-	71,8	-	-	17,8

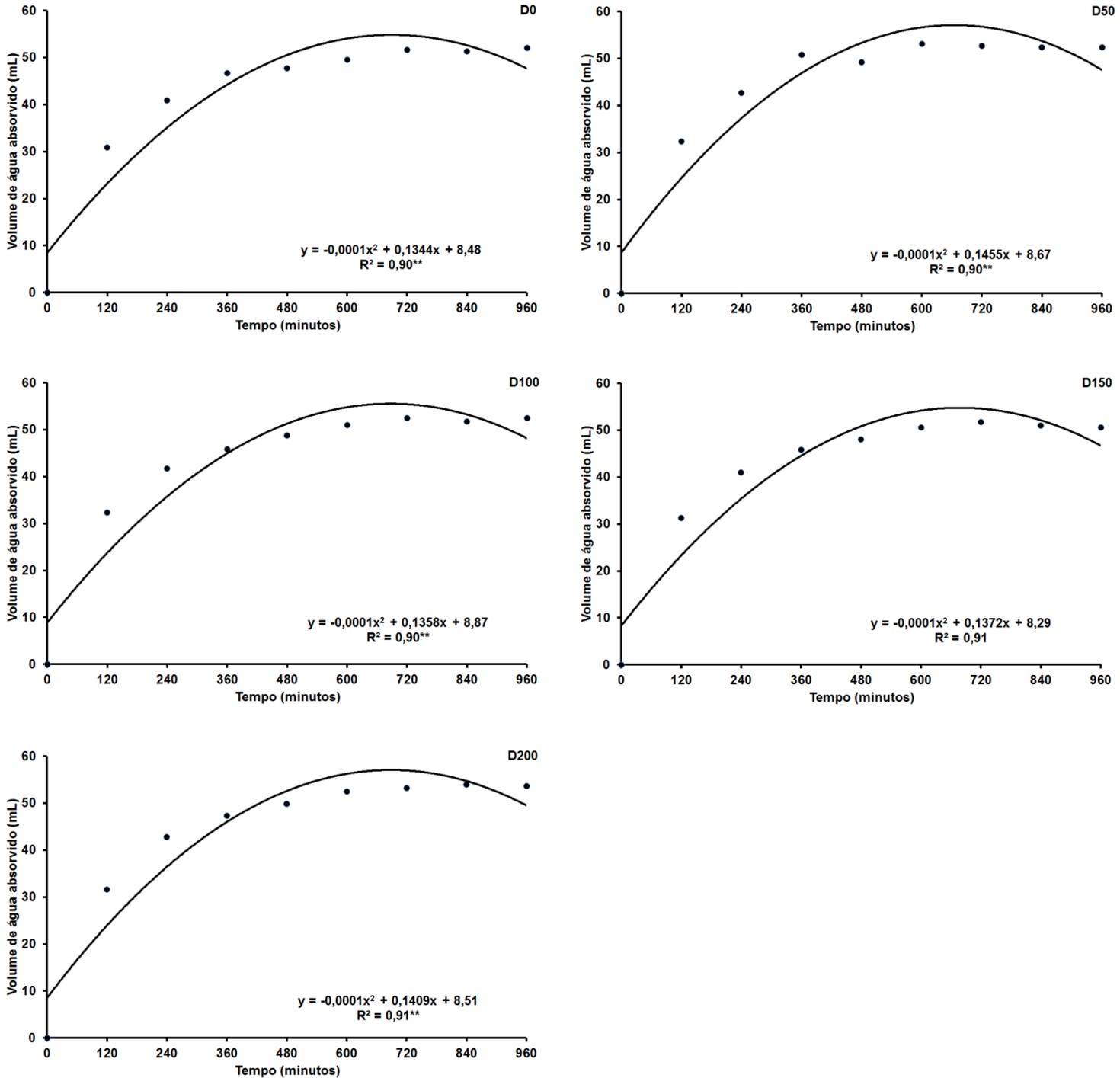
## Apêndice B. Estudo de regressão para obtenção do tempo para máxima hidratação dos grãos de feijão



**Figura 1B.** Volume de água absorvido (mL) em função do tempo (minutos) para hidratação dos grãos do feijoeiro, cultivar IAC Alvorada, adubado com as doses de 0 (D0), 50 (D50), 100 (D100), 150 (D150) e 200 (D200) kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio em cobertura, em sucessão a milho exclusivo em Jaboticabal-SP, safra de inverno 2016. \*\*-significativo a 1% pelo teste F.



**Figura 2B.** Volume de água absorvido (mL) em função do tempo (minutos) para hidratação dos grãos do feijoeiro, cultivar IAC Alvorada, adubado com as doses de 0 (D0), 50 (D50), 100 (D100), 150 (D150) e 200 (D200) kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio em cobertura, em sucessão a milho consorciado com *Urochloa ruziziensis* em Jaboticabal-SP, safra de inverno 2016. **\*\***-significativo a 1% pelo teste F.



**Figura 3B.** Volume de água absorvido (mL) em função do tempo (minutos) para hidratação dos grãos do feijoeiro, cultivar IAC Alvorada, adubado com as doses de 0 (D0), 50 (D50), 100 (D100), 150 (D150) e 200 (D200) kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio em cobertura, em sucessão a milho consorciado com *Crotalaria spectabilis* em Jaboticabal-SP, safra de inverno 2016. **\*\***-significativo a 1% pelo teste F.