UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Ilha Solteira

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

JOSÉ ROBERTO PORTUGAL

# Coberturas vegetais e doses de nitrogênio, associadas à inoculação com *Azospirillum brasilense*, no cultivo do milho na região de Cerrado

Ilha Solteira
2015

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Ilha Solteira

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

# Coberturas vegetais e doses de nitrogênio, associadas à inoculação com *Azospirillum brasilense*, no cultivo do milho na região de Cerrado

**JOSÉ ROBERTO PORTUGAL**

**Orientador**: Prof. Dr. Orivaldo Arf

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia - UNESP – Campus de Ilha Solteira, para obtenção do título de Mestre em Agronomia.
Especialidade: Sistemas de Produção

Ilha Solteira
2015

FICHA CATALOGRÁFICA
Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

P853c

Portugal, José Roberto.
Coberturas vegetais e doses de nitrogênio, associadas à inoculação com *Azospirillum brasilense*, no cultivo do milho na região de cerrado / José Roberto Portugal. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2015
106 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Especialidade: Sistemas de Produção, 2015

Orientador: Orivaldo Arf
Inclui bibliografia

1. Zea mays L. 2. Plantas de cobertura. 3. Bactéria diazotrófica. 4. Nutrição. 5. Savana.

unesp **UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**

**CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

**FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA**

## CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

**TÍTULO:** Coberturas vegetais e doses de nitrogênio, associadas à inoculação com Azozpirillum brasilense, no cultivo do milho na região de cerrado

**AUTOR: JOSÉ ROBERTO PORTUGAL**

**ORIENTADOR: Prof. Dr. ORIVALDO ARF**

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM AGRONOMIA , Área: SISTEMAS DE PRODUÇÃO, pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. ORIVALDO ARF
Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Prof. Dr. SALATIER BUZETTI
Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Prof. Dr. DOMINGOS FORNASIERI FILHO
Departamento de Produção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal

Data da realização: 24 de fevereiro de 2015.

**DEDICO**

Ao meu pai José Alves Portugal e minha mãe Maria Aparecida dos Santos Portugal, por serem meu exemplo de vida e por todo amor, carinho e apoio.
À minha irmã Andréia Alves Portugal, pela amizade e incentivo.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me proporcionado tantas bênçãos, ensinamentos, por me permitir estudar e me formar em uma profissão que admiro e amo.

Aos meus pais e irmã, por todo amor, apoio e felicidade, os quais foram a base para que chegasse nesse momento tão importante da minha vida. Vocês são meu alicerce.

Ao Profº Drº Orivaldo Arf, pela orientação e amizade durante os anos de graduação e os anos do mestrado. Sou muito grato, pelos ensinamentos profissionais, pela confiança, pela amizade, pela compreensão, os quais foram e são de grande valia em todos os momentos dos 7 anos em que tive a oportunidade de ser seu orientado. Deus lhe abençoe.

À Amanda, por todo apoio, carinho, amor, compreensão e ajuda, contribuindo muito para concluir essa etapa importante na minha vida.

À Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" - UNESP, Campus de Ilha Solteira, pela estrutura física e oportunidade de realização deste trabalho.

Aos professores, pelos ensinamentos ministrados e contribuição fundamental na minha formação profissional. Em especial, aos Professores: Ricardo Antônio Ferreira Rodrigues, Marco Eustáquio de Sá, Edson Lazarini, Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho, Luiz Malcom Mano de Mello, João Antônio da Costa Andrade, Maria Aparecida Anselmo Tarsitano, João Luis Zocoler, Marcelo Andreotti, Marlene Cristina Alves.

Aos professores Domingos Fornasieri Filho e Salatiér Buzetti, pelas considerações e sugestões feitas ao trabalho.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, pelo financiamento do estudo e pela bolsa concedida.

À XXXV Turma de Agronomia da Unesp de Ilha Solteira e aos amigos Raul Pivetta, Tiago Parente, Edjair, Renato, Ariani, Carina, Allan, pela contribuição.

Aos amigos Douglas, Daiene, Nayara, Mariele, Flávia, Alex, Donário, Hiroshi, Lucas, Eder, Letícia, Tayná, Marla, Mayara e à Anelise, pelo auxílio na condução do experimento.

Aos funcionários da seção de Pós-Graduação, da biblioteca, do laboratório de Análise de Plantas do Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia, e da Fazenda de Ensino Pesquisa e Extensão da FEIS/UNESP, pelo auxílio, amizade e dedicação.

## RESUMO

No Brasil e no mundo, a cultura do milho é uma das mais importantes, por ser a base da alimentação animal e utilizado também na alimentação humana. Técnicas sustentáveis de manejo na cultura do milho são necessárias, visando aumento de produtividade, minimizando custos e impactos ambientais. O objetivo deste trabalho foi avaliar diferentes coberturas vegetais (milheto, crotalária, guandu, milheto + crotalária, milheto + guandu e pousio), doses de N (0, 40, 80 e 120 kg $ha^{-1}$) com e sem a inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* na cultura do milho, cultivado em sistema plantio direto no crescimento e produtividade na região do Cerrado. Foi utilizado delineamento experimental em blocos casualizados em esquema fatorial 6x4x2, constituindo 48 tratamentos, com 4 repetições. O estudo foi realizado na Fazenda Experimental pertencente à Faculdade de Engenharia – UNESP - Campus de Ilha Solteira, localizada no município de Selvíria – MS. O solo do local é do tipo LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico argiloso. A precipitação média anual é de 1.330 mm, a temperatura média anual é de 25 ºC e a umidade relativa do ar entre 70 e 80%. Durante a condução do experimento, foram realizadas as seguintes avaliações: massa seca, teores e quantidades acumuladas de N, P e K nas plantas de cobertura; no milho: população inicial e final de plantas, produção de massa seca da parte aérea das plantas, teor de N foliar, índice de clorofila foliar, teores e valores acumulados de N, P e K na planta, altura de plantas e de inserção de espiga, diâmetro de colmo, comprimento de espiga, diâmetro de espiga, massa de mil grãos e produtividade de grãos. As coberturas vegetais, exceto o guandu no primeiro ano e pousio no segundo, produziram quantidade adequada de resíduo para manter o sistema plantio direto na região de Cerrado de baixa altitude. O consórcio milheto + crotalária possibilita quantidades acumuladas de N e K superiores para ambos os anos de cultivo. A boa produtividade de grãos de milho sob resíduos de guandu, se deve ao aumento no diâmetro de espigas e na massa se mil grãos. Assim como a boa produtividade de milho sob milheto + crotalária, se deve ao aumento na massa de plantas, indicando boa nutrição de plantas de milho. Nas condições da presente pesquisa, em 2012/13 o guandu possibilitou maior produtividade sem aplicação de N em cobertura. No ano 2013/14, o fornecimento de nitrogênio via fertilizante, possibilitou aumento de produtividade de milho até a dose de 114 kg $ha^{-1}$ de N. Para a maioria das avaliações, as respostas com a inoculação de *Azospirillum brasilense* via sementes foram negativas.



**Palavras-chave:** *Zea mays* L. Plantas de cobertura. Bactéria diazotrófica. Nutrição. Savana.

## ABSTRACT

In Brazil and in the world, maize crop is one of the most important because it is the basis of animal feed and also used in human feed. Sustainable techniques of management in maize crop are needed, aiming at increasing yield, reducing costs and environmental impacts. The objective of this study was to evaluate different cover crops (millet, sunn hemp, pigeonpea, millet + sunn hemp, millet + pigeonpea and fallow), N rates (0, 40, 80 and 120 kg $ha^{-1}$) with and without inoculation of seeds with *Azospirillum brasilense* in maize crop, cultivated in no-tillage system on growth and yield in the Cerrado region. The experimental design was complete randomized blocks in a factorial scheme 6x4x2, constituting 48 treatments, with 4 replications. The study was conducted at the Experimental Farm belonging to the Faculty of Engineering – UNESP (Ilha Solteira), located in Selviria - MS. The soil of the place is a Typical Dystrophic Red Latosol clayey texture. The average annual rainfall is 1.330 mm, the average annual temperature is 25°C and the relative humidity between 70 and 80%. During the experiment, the following evaluations were performed: dry matter, content and accumulated values of N, P and K in cover crops; in maize: initial and final population of plants, production of dry matter of the shoots, leaf nitrogen content, leaf chlorophyll index, content and accumulated values of N, P and K in the whole plant, plant height and of ear insertion, stem diameter, ear length, ear diameter, thousand grain weight and grain yield. The cover crops except the pigeonpea in 2012/13 and fallow in 2013/14 produced adequate amount of residue to keep the no-tillage system in the Cerrado region. The consortium of millet + sunn hemp provided the greater accumulated amount of N and K for both years of cultivation. The great yield of maize grains under pigeonpea residue was due to increase in ear diameter and thousand-grain weight. Thus, the great maize yield under millet + sunn hemp was due to the increase in the mass of plants, indicating good nutrition of maize plants. In the conditions of this study, in 2012/13, pigeonpea provided greater productivity without nitrogen in coverage. In the year 2013/14, the supply of nitrogen via fertilizer, significantly increased corn yield up to a dose of 114 kg $ha^{-1}$ of N. For most assessments, the responses with inoculation of *Azospirillum brasilense* through seeds were negative.



**Keywords:** *Zea mays* L. Cover crops. Diazotrophic bactéria. Nutrition. Savanna.

## LISTA DE FIGURAS


| | | |
|---|---|---|
| **Figura 1 -** | Variação diária da precipitação pluvial e da temperatura mínima e máxima do ar, durante os períodos de setembro de 2012 a março de 2013 | 27 |
| **Figura 2 -** | Variação diária da precipitação pluvial e da temperatura mínima e máxima do ar, durante os períodos de setembro de 2013 a março de 2014 | 28 |
| **Figura 3 -** | Massa seca das coberturas vegetais cultivadas anteriormente à cultura do milho. Selvíria – MS, Brasil (2012/13 e 2013/14 | 36 |
| **Figura 4 -** | Massa seca de plantas em função de dose de nitrogênio em cobertura na cultura do milho. Selvíria – MS, Brasil (2013/14) | 48 |
| **Figura 5 -** | Massa seca acumulada em função de dose de nitrogênio em cobertura na cultura do milho. Selvíria – MS, Brasil (2013/14) | 49 |
| **Figura 6 -** | Teor de nitrogênio na planta em função de dose de nitrogênio em cobertura na cultura do milho. Selvíria – MS, Brasil (2012/13 e 2013/14) | 60 |
| **Figura 7 -** | Teor de fósforo na planta em função de dose de nitrogênio em cobertura na cultura do milho. Selvíria – MS, Brasil (2013/14) | 61 |
| **Figura 8 -** | Nitrogênio acumulado em função de doses de nitrogênio em cobertura na cultura do milho. Selvíria – MS, Brasil (Safras 2012/13 e 2013/14) | 63 |
| **Figura 9 -** | Potássio acumulado em função de doses de nitrogênio em cobertura na cultura do milho. Selvíria – MS, Brasil (Safra 2013/14) | 64 |
| **Figura 10 -** | Altura de plantas em função de doses de nitrogênio em cobertura na cultura do milho. Selvíria – MS, Brasil (Safra 2013/14) | 66 |
| **Figura 11 -** | Altura de inserção de espiga em função de doses de nitrogênio em cobertura na cultura do milho. Selvíria – MS, Brasil (Safra 2013/14) | 67 |
| **Figura 12 -** | Diâmetro de colmo de plantas em função de dose de nitrogênio em cobertura na cultura do milho. Selvíria – MS, Brasil (Safras 2012/13 e 2013/14) | 69 |
| **Figura 13 -** | Comprimento de espiga em função de dose de nitrogênio em cobertura na cultura do milho. Selvíria – MS, Brasil (Safra 2012/13) | 72 |
| **Figura 14 -** | Massa de mil grãos em função de dose de nitrogênio em cobertura na cultura do milho. Selvíria – MS, Brasil (Safra 2013/14) | 76 |

**Figura 15 -** Produtividade de grãos em função de dose de nitrogênio em cobertura na cultura do milho. Selvíria – MS, Brasil (Safra 2013/14) 79

**Figura 16 -** Amostragem de solo da área experimental (esquerda) e semeadura das coberturas vegetais (direita). Selvíria – MS, Brasil (2012/13 e 2013/14) 100

**Figura 17 -** Irrigação por "canhões" logo após a semeadura das coberturas vegetais (esquerda) e emergência do guandu (direita). Selvíria – MS, Brasil (2012/13 e 2013/14) 100

**Figura 18 -** Emergência do consórcio milheto (esquerda) e emergência da milheto + guandu (direita). Selvíria – MS, Brasil (2012/13 e 2013/14) 100

**Figura 19 -** Emergência do consórcio milheto + crotalária (esquerda) e emergência da crotalária (direita). Selvíria – MS, Brasil (2012/13 e 2014/14) 101

**Figura 20 -** Parcela do pousio (esquerda) e pousio (direita) aos 44 DAE. Selvíria – MS, Brasil (2012/13 e 2014/14) 101

**Figura 21 -** Parcela de consórcio milheto + guandu (esquerda) e milheto (direita) aos 44 DAE. Selvíria – MS, Brasil (2012/13 e 2014/14) 101

**Figura 22 -** Parcela de guandu (esquerda) e consórcio milheto + crotalária (direita) aos 44 DAE. Selvíria – MS, Brasil (2012/13 e 2014/14) 102

**Figura 23 -** Parcela de guandu (esquerda) aos 44 DAE momento da dessecação das coberturas vegetais (direita). Selvíria – MS, Brasil (2012/13 e 2013/14) 102

**Figura 24 -** Momento do manejo com o triton após 9 dias da dessecação (esquerda) e após o manejo com triton (direita). Selvíria – MS, Brasil (2012/13 e 2013/14) 102

**Figura 25 -** Coleta de massa seca das coberturas vegetais (esquerda) e momento da aplicação de calcário (direita). Selvíria – MS, Brasil (2012/13 e 2013/14) 103

**Figura 26 -** Momento da semeadura do milho (esquerda) e irrigação por "canhões" logo após a semeadura (direita). Selvíria – MS, Brasil (2012/13 e 2013/14) 103

**Figura 27 -** Emergência do milho. Selvíria – MS, Brasil (2012/13 e 2013/14) 103

**Figura 28 -** Momento da aplicação da adubação nitrogenada (esquerda) e detalhe de plantas com a quinta folha expandida (direita). Selvíria – MS, Brasil (2012/13 e 2013/14) 104

**Figura 29 -** Detalhe da irrigação e vigor das plantas aos 27 DAE (esquerda) e coleta de plantas de milho para avaliação de massa seca aos 48 DAE e posteriormente análise nutricional (direita). Selvíria – MS, Brasil (2012/13 e 2013/14) 104

**Figura 30 -** Momento da leitura do índice de clorofila foliar no terço médio da folha oposta e abaixo à espiga principal (esquerda) e coleta do terço médio da mesma folha

(direita), no florescimento pleno, aos 48DAE Selvíria – MS, Brasil (2012/13 e 2013/14) 104

**Figura 31 -** Detalhe das plantas de milho sendo trituradas para avaliação de massa seca (esquerda) e detalhe das amostras acondicionadas em sacos de papel dentro das estufas, para secagem (direita). Selvíria – MS, Brasil (2012/13 e 2013/14) 105

**Figura 32 -** Detalhe da régua graduada utilizada para medir altura de plantas e altura de inserção de espiga (esquerda) e espigas de milho colhidas aos 133 DAE, sobre a carreta (direita). Selvíria – MS, Brasil (2012/13 e 2013/14) 105

**Figura 33 -** Uso do paquímetro digital para mensurar diâmetro de colmo (esquerda) e avaliação nas dez espigas por parcela (direita). Selvíria – MS, Brasil (2012/13 e 2013/14) 105

**Figura 34 -** Contagem de uma subamostras de 250 grãos para determinação da massa de mil (esquerda) e detalhe da pesagem da produção e determinação da umidade (direita). Selvíria – MS, Brasil (2012/13 e 2013/14) 106

## LISTA DE TABELAS


**Tabela 1 -** Características químicas do solo da área experimental avaliadas na camada de 0,0 a 20,0 cm, para os anos 2012/13, 2013/14 e 2014/15. (Selvíria – MS) 25

**Tabela 2 -** Análise granulométrica do solo da área experimental avaliadas na camada de 0,0 – 0,20 m e 0,20 – 0,40 m, 2014/15. (Selvíria – MS) 25

**Tabela 3 -** Sistemas de produção utilizados na área experimental durante os anos agrícolas 2009/10, 2010/11 e 2011/12, 2012/13 e 2013/14. Selvíria, MS, Brasil, 2015 26

**Tabela 4 -** Características agronômicas e níveis de reações às doenças do híbrido de milho DKB 390 VT PRO e 2B710 PW, Selvíria – MS, Brasil (2012/2013 e 2013/14) 29

**Tabela 5 -** Teor de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) em diferentes coberturas vegetais. Selvíria – MS, Brasil (Safras 2012/13 e 2013/14) 38

**Tabela 6 -** Quantidade de nitrogênio acumulado ($N_{acumulado}$), fósforo acumulado ($P_{acumulado}$) e potássio acumulado ($K_{acumulado}$) em diferentes coberturas vegetais. Selvíria – MS, Brasil (Safras 2012/13 e 2013/14) 41

**Tabela 7 -** Valores médios de população inicial (PIP) e população final (PFP) de plantas, em função da inoculação com *Azospirillum brasilense*, coberturas vegetais e doses de N em cobertura na cultura do milho. Selvíria – MS, Brasil (Safras 2012/13 e 2013/14) 43

**Tabela 8 -** Desdobramento da interação entre coberturas vegetais e doses de nitrogênio em cobertura para população final de plantas de milho. Selvíria – MS, Brasil (2012/13) 44

**Tabela 9 -** Valores médios de massa seca de parte aérea por planta (MSP) massa seca acumulada (MSA) em função da inoculação com *Azospirillum brasilense*, coberturas vegetais e doses de N em cobertura na cultura do milho. Selvíria – MS, Brasil (Safras 2012/13 e 2013/14) 46

**Tabela 10 -** Desdobramento da interação entre inoculação e doses de nitrogênio em cobertura para massa seca de parte aérea de plantas de milho. Selvíria – MS, Brasil (2012/13) 47

**Tabela 11 -** Valores médios de teor de nitrogênio foliar (NF) e índice de clorofila foliar em função da inoculação com Azospirillum brasilense, coberturas vegetais e doses de N em cobertura na cultura do milho. Selvíria – MS, Brasil (Safras 2012/13 e 2013/14) 51

**Tabela 12 -** Desdobramento da interação entre inoculação e coberturas vegetais para teor de N foliar em plantas de milho. Selvíria – MS, Brasil (2012/13) 52

**Tabela 13 -** Desdobramento da interação entre inoculação e doses de nitrogênio em cobertura para teor de N foliar em plantas de milho. Selvíria – MS, Brasil (2012/13) 53

**Tabela 14 -** Desdobramento da interação entre coberturas vegetais e doses de nitrogênio em cobertura para teor de N foliar em plantas de milho. Selvíria – MS, Brasil (2012/13) 54

**Tabela 15 -** Desdobramento da interação entre inoculação e coberturas vegetais para índice de clorofila foliar em plantas de milho. Selvíria – MS, Brasil (2012/13) 56

**Tabela 16 -** Desdobramento da interação entre coberturas vegetais e doses de nitrogênio em cobertura para índice de clorofila foliar em plantas de milho. Selvíria – MS, Brasil (Safras 2012/13 e 2013/14) 57

**Tabela 17 -** Valores médios de teor de nitrogênio ($N_P$), fósforo ($P_P$) e potássio na planta inteira ($K_P$) e nitrogênio ($N_A$), fósforo ($P_A$) e potássio acumulado ($K_A$) na massa seca de plantas em função da inoculação com *Azospirillum brasilense*, coberturas vegetais e doses de N em cobertura na cultura do milho. Selvíria – MS, Brasil (2012/13) 59

**Tabela 18 -** Valores médios de nitrogênio ($N_A$), fósforo ($P_A$) e potássio acumulado ($K_A$) na massa seca de plantas em função da inoculação com *Azospirillum brasilense*, coberturas vegetais e doses de N em cobertura na cultura do milho. Selvíria – MS, Brasil (Safras 2012/13 e 2013/14) 62

**Tabela 19 -** Valores médios de altura de plantas (AP) e altura de inserção de espiga (AIE), em função da inoculação com *Azospirillum brasilense*, coberturas vegetais e doses de N em cobertura na cultura do milho. Selvíria – MS, Brasil (Safras 2012/13 e 2013/14) 65

**Tabela 20 -** Valores médios de diâmetro de colmo (DC), em função da inoculação com Azospirillum brasilense, coberturas vegetais e doses de N em cobertura na cultura do milho. Selvíria – MS, Brasil (Safras 2012/13 e 2013/14) 68

**Tabela 21 -** Desdobramento da interação entre inoculação e coberturas vegetais para diâmetro de colmo em plantas de milho. Selvíria – MS, Brasil (2013/14) 70

**Tabela 22 -** Valores médios de comprimento de espiga (CE) e diâmetro de espiga (DE), em função da inoculação com *Azospirillum brasilense*, coberturas vegetais e doses de N em cobertura na cultura do milho. Selvíria – MS, Brasil (Safras 2012/13 e 2013/14) 71

**Tabela 23 -** Desdobramento da interação entre coberturas vegetais e doses de nitrogênio em cobertura para comprimento de espiga em plantas de milho. Selvíria – MS, Brasil (2013/14) 73

**Tabela 24 -** Desdobramento da interação entre inoculação e doses de nitrogênio em cobertura para diâmetro de espiga em plantas de milho. Selvíria – MS, Brasil (2013/14) 73

**Tabela 25 -** Valores médios de massa de mil grãos (MMG) e produtividade em função da inoculação com *Azospirillum brasilense*, coberturas vegetais e doses de N em cobertura na cultura do milho. Selvíria – MS, Brasil (2012/13) 74

**Tabela 26 -** Desdobramento da interação entre inoculação e coberturas vegetais para índice de clorofila foliar em plantas de milho. Selvíria – MS, Brasil (2012/13) 77

**Tabela 27 -** Desdobramento da interação entre coberturas vegetais e doses de nitrogênio em cobertura para índice de clorofila foliar em plantas de milho. Selvíria – MS, Brasil (2012/13) 78

**SUMÁRIO**

**1 INTRODUÇÃO ..... 15**

**2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA ..... 17**

**2.1 Importância da cultura ..... 17**
**2.2 Sistema de produção agrícola sustentável ..... 17**
**2.3 Coberturas vegetais ..... 19**
**2.4 Nitrogênio na cultura do milho ..... 21**
**2.5 Bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCP) ..... 22**

**3 MATERIAL E MÉTODOS ..... 25**

**3.1 Localização, caracterização da área experimental ..... 25**
**3.2 Condições climáticas ..... 26**
**3.3 Delineamento experimental e tratamentos ..... 28**
**3.4 Caracterização do Híbrido ..... 29**
**3.5 Instalação e condução do experimento ..... 29**
*3.5.1 Coberturas vegetais ..... 29*
*3.5.2 Cultura do Milho ..... 30*
**3.6 Avaliações realizadas ..... 31**
*3.6.1 Massa seca das coberturas vegetais (MSCV) ..... 32*
*3.6.2 Teores e conteúdos de N, P e K na massa seca das coberturas vegetais ..... 32*
*3.6.3 População inicial e final de plantas de milho ..... 32*
*3.6.4 Produção de massa seca de parte aérea do milho ..... 32*
*3.6.5 Teor foliar de nitrogênio ..... 33*
*3.6.6 Índice de clorofila foliar ..... 33*
*3.6.7 Teor de nitrogênio, fósforo e potássio na planta inteira. ..... 33*
*3.6.8 Altura de planta ..... 34*
*3.6.9 Altura de inserção de espiga ..... 34*
*3.6.10 Diâmetro de colmo ..... 34*
*3.6.11 Comprimento de espiga ..... 34*
*3.6.12 Diâmetro de espiga ..... 34*

*3.6.13 Massa de mil grãos* ..... *35*
*3.6.14 Produtividade de grãos* ..... *35*
**3.7 Análise estatística** ..... **35**

**4 RESULTADOS E DISCUSSÃO** ..... **36**

**4.1 Coberturas vegetais** ..... **36**
*4.1.1 Massa seca* ..... *36*
*4.1.2 Teor de nitrogênio, fósforo e potássio* ..... *37*
*4.1.3 Nitrogênio, fósforo e potássio acumulados* ..... *39*
**4.2 Avaliações no milho** ..... **42**
*4.2.1 População inicial e população final* ..... *42*
*4.2.2 Massa seca de plantas e massa seca acumulada* ..... *44*
*4.2.3 Teor de nitrogênio e índice de clorofila foliar* ..... *50*
*4.2.4 Teor de nitrogênio, fósforo e potássio nas plantas* ..... *58*
*4.2.5 Nitrogênio, fósforo e potássio acumulados nas plantas* ..... *61*
*4.2.6 Altura de plantas e de inserção de espiga* ..... *64*
*4.2.7 Diâmetro de colmo* ..... *67*
*4.2.8 Comprimento e diâmetro de espiga* ..... *70*
*4.2.9 Produtividade de grãos e massa de mil grãos* ..... *74*

**5 CONCLUSÕES** ..... **81**

**REFERÊNCIAS** ..... **82**

**APÊNDICE – FOTOS DO EXPERIMENTO** ..... **99**

# 1 INTRODUÇÃO

A produção mundial de todos cereais é de 2.780 milhões de toneladas, sendo o milho responsável por 37% do total, seguido do arroz em casca, com 27% e, em terceiro lugar, fica o trigo com 26%. Os Estados Unidos da América (EUA) lideram o ranking da produção de milho, com 35% do total produzido, seguido da China e Brasil, com 21% e 8%, respectivamente. Em relação à área destinada à produção de milho, o EUA e a China apresentam semelhante fatia no montante, ambas com 19% e, o Brasil representa 8% (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION-FAO, 2013).

Nacionalmente, a cultura do milho têm elevada importância, tanto sob o ponto de vista econômico, quanto social. Economicamente, destaca-se por ocupar a segunda maior área cultivada e segunda maior produção. No aspecto social, destaca-se por ser alimento básico da dieta, principalmente da camada pobre da população; por ser produto típico de pequeno produtor rural; e por ser o principal constituinte da ração animal (FORNASIERI FILHO, 2007). Cerca de 70% do milho no mundo são utilizados para alimentação animal. Nos Estados Unidos da América, cerca de 50% é destinado a este fim, enquanto que no Brasil, varia de 60 a 80% (FANCELLI; DOURADO NETO, 2004; DUARTE et al., 2010).

Nos últimos anos, a cultura do milho vem passando por mudanças tecnológicas, resultando em aumentos significativos da produtividade e produção (FORNASIERI FILHO, 2007). Nesse sentido, o uso de coberturas vegetais e a inoculação com *Azospirillum brasilense*, são tecnologias que podem, dentre outros, ser fontes alternativas de nitrogênio para a cultura do milho, incrementando a produtividade e racionalizando o uso de fertilizante mineral.

A utilização de adubos verdes e/ou coberturas vegetais está entre as práticas que visam à sustentabilidade do solo agrícola, podendo ser incorporados ou não, em rotação, sucessão ou consorciação com as culturas (ALCÂNTARA et al., 2000), com o objetivo de reduzir a erosão e recuperar características físicas, químicas e biológicas do solo (NASCIMENTO et al., 2005). Os efeitos sobre as propriedades do solo variam com a espécie utilizada, manejo da biomassa, época de plantio e corte, tempo de permanência dos resíduos no solo, condições locais e interação entre esses fatores (ALCÂNTARA et al., 2000). Sua utilização proporciona incremento da fertilidade natural, geralmente baixa nos solos do Bioma Cerrado, resultando também na economia de fertilizantes, especialmente os nitrogenados e os fosfatados (CARVALHO; AMABILE, 2006).

Para o milho, o nutriente de maior importância é o nitrogênio, pois é o que mais limita a produção (FORNASIERI FILHO, 2007; ROBERTO et al., 2010), como também o que mais onera o custo de produção (SILVA et al., 2001). A eficiência de absorção do nitrogênio pelas plantas normalmente é igual ou menor que 60% (BROCH; RANNO, 2008). Para aumentar a eficiência da adubação nitrogenada é importante levar em conta a dinâmica do nitrogênio no solo, pois se trata de um nutriente sujeito a perdas por lixiviação, volatilização na forma amoniacal ($N\text{-}NH_3$), imobilização, mobilização, nitrificação, desnitrificação e mineralização (RAMBO et al., 2004; SOUZA et al., 2008). Outro fator importante para melhorar a eficiência da adubação nitrogenada é conhecer o histórico da área, ou seja, dependendo das culturas antecessoras ao milho, na mesma área, pode-se traçar melhor planejamento para as doses, fontes e ao parcelamento do N aplicado.

Bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCPs) podem auxiliar por diversos mecanismos na nutrição nitrogenada das culturas. As bactérias diazotróficas mais estudadas como BPCPs associativas, ou seja, que não formam uma simbiose com a planta hospedeira, são as bactérias pertencentes ao gênero *Azospirillum* (BASHAN; BASHAN, 2005). Dentre esses mecanismos, destacam-se a produção de hormônios, que interferem no crescimento das plantas e podem alterar a morfologia das raízes, possibilitando a exploração de maior volume de solo (BASHAN; HOGUIN, 1997; ZAIED et al., 2003), o aumento do processo da redução assimilatória de nitrato disponível no solo (BODDEY et al., 1986) e a fixação biológica do $N_2$ (FBN) (INIGUEZ et al., 2004). Dessa maneira, essa bactéria utilizada via semente, pode beneficiar a cultura do milho através do crescimento do sistema radicular, possibilitando maior absorção de nutrientes e água e, suplementar a necessidade de N pela cultura, possibilitando redução de fertilizante químico.

O trabalho teve como objetivo avaliar o efeito das coberturas vegetais (milheto, crotalária, guandu e pousio, bem como o consórcio milheto + crotalária e milheto + guandu), nitrogênio aplicado em cobertura (0, 40, 80 e 120 kg $ha^{-1}$), no desenvolvimento e produtividade de plantas de milho, submetidas à inoculação via semente com bactéria promotora de crescimento de plantas *Azospirillum brasilense.*

# 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

## 2.1 Importância da cultura

De acordo com as projeções, até 2022, o grão de milho para alimentação animal será o mais negociado nos mercados internacionais, representando 80% do comércio mundial. A demanda tem aumentado devido ao uso do milho para a alimentação animal, biocombustíveis, e outros usos industriais, em especial proporcionada pela China, impulsionado principalmente pelo aumento de animais e, consequentemente, consumo de ração. O aumento das importações da China é responsável por 40% do crescimento projetado no comércio mundial de milho (UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE – USDA, 2014).

Mesmo a cultura apresentando alto potencial produtivo, evidenciado por produtividades de grãos de até 16.000 kg $ha^{-1}$, alcançadas em condições experimentais e por agricultores tecnificados (CANTARELLA, 1993), a sua produtividade é complexa e depende da interação entre fatores genéticos, ambientais (ARGENTA; SILVA; SANGOI, 2001) e técnicas de manejo. No Brasil, a produtividade média do milho é baixa (5.057 kg $ha^{-1}$) (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2014), em decorrência de fatores ligados à fertilidade do solo, arranjo espacial de plantas (FANCELLI; DOURADO NETO, 2004), uso de genótipos e práticas de manejo inadequadas (SANGOI et al., 2006), o que representa uma produção inferior quando comparada com a produtividade média de 9.969 kg $ha^{-1}$, obtida nos Estados Unidos da América, maior produtor desta cultura (USDA, 2014). No entanto, a área cultivada no Brasil aumentou 11,7% nos últimos 20 anos e a produção 140,9%. O ganho de produtividade foi de 115,7%. Houve aumento de produtividade e de produção, praticamente mantendo a área plantada (CONAB, 2014).

## 2.2 Sistema de produção agrícola sustentável

A estabilidade do sistema produtivo agrícola pode ser mantida com o uso adequado e racional dos recursos naturais, especialmente do solo e da água (VIANA et al., 2008).

Nas regiões tropicais, os sistemas de produção agrícola que envolvem a pulverização da camada superficial do solo pelo manejo, promovem a decomposição e a queima acelerada dos componentes orgânicos, tornando-os mais propícios às variações rápidas que afetam negativamente o desenvolvimento da planta (ARF et al., 2007). Com o intuito de minimizar o impacto causado pelo revolvimento do solo, passou-se a adotar o Sistema Plantio Direto

(SPD) (LOPES et al., 2004). Este sistema de cultivo caracteriza-se pela pouca movimentação do solo e pela grande quantidade de resíduos vegetais deixados em sua superfície, o que diminui significativamente as perdas de solo por erosão, promove a melhoria das condições físicas e químicas, devido ao aumento no teor de matéria orgânica do solo (MACHADO; SILVA, 2001; SILVA et al., 2009).

No mundo, a área cultivada com culturas anuais é de aproximadamente 1,4 bilhão de hectare, dos quais, apenas 10% são cultivados em plantio direto (144 milhões de hectares). O Brasil ocupa a quinta posição no ranking em termos de área com culturas anuais, com quase 73 milhões de hectares (5% do total). Uma fatia de 44% dessa área é cultivada com plantio direto (31,8 milhões de hectares), dessa forma, a área de plantio direto do Brasil representa aproximadamente 22% da área de plantio direto no mundo (FAO, 2013).

O uso de plantas de cobertura é um componente essencial da sustentabilidade dos sistemas de cultivo em solos altamente intemperizados, sob clima tropical sazonalmente seca, como os encontrados na região do Cerrado (CARVALHO et al., 2009).

Green et al. (2007), trabalhando em área de Cerrado após quinze anos de cultivo intensivo, verificaram que o sistema plantio direto, diferentemente do convencional (grade pesada e arado de discos), demonstrou melhora nos atributos biológicos do solo, sugerindo que estes solos podem se recuperar de danos causados pelo cultivo intensivo.

Lal (1997), em experimento com monocultivos de milho na África, durante oito anos consecutivos e dois cultivos por ano, somando 16 cultivos de milho e, várias formas de realizar cultivo convencional (grade, arado de aiveca, arado de discos) e direto (com e sem restos culturais), descreve que o cultivo contínuo diminui a qualidade química do solo e, a taxa de diminuição foi mais acentuada com arado, do que os métodos de plantio direto. O autor cita que integrando leguminosas, rotação de culturas, plantas de cobertura no sistema de cultivo, juntamente com o sistema plantio direto, são estratégias importantes para minimizar os riscos de degradação do solo.

Souza et al. (2014), avaliando a qualidade do solo em sistema convencional, plantio direto e campo nativo após dezoito anos, em Eldorado do Sul – RS, concluíram que o plantio direto mantém estoques de carbono do solo á níveis semelhantes aos do campo nativo e, a fração particulada da matéria orgânica (lábil) alcançou valores mais elevados que os da área de referência.

Santos, Tomm e Kochhann (2003) constataram maior produtividade de milho no sistema plantio direto quando comparados com cultivo mínimo e manejos com arado de disco e aiveca.

## 2.3 Coberturas vegetais

De acordo com dados científicos e práticos, os adubos verdes desempenham ações em diferentes aspectos da fertilidade do solo, tais como: proteção do solo contra os impactos das chuvas e também da incidência direta dos raios solares; rompimento de camadas adensadas e compactadas ao longo do tempo; aumento do teor de matéria orgânica do solo; incremento da capacidade de infiltração e retenção de água no solo; diminuição da toxicidade do alumínio e manganês devido ao aumento de complexificação e elevação do pH; maior reciclagem de nutrientes de fácil lixiviação; extração e mobilização de nutrientes das camadas mais profundas do solo e subsolo, tais como cálcio, magnésio, potássio, fósforo e micronutrientes; extração do fósforo fixado; fixação do nitrogênio atmosférico de maneira simbiótica pelas leguminosas; inibição da germinação e do crescimento de plantas invasoras, seja por efeitos alelopáticos, seja pela simples competição por luz (VON OSTERROHT, 2002).

De maneira geral, as plantas de adubos verdes ou de plantas de cobertura, utilizadas na formação de palhada para o sistema de semeadura direta, tem papel fundamental na ciclagem de nutrientes, tanto daqueles adicionados pelos fertilizantes minerais e não aproveitados pelas culturas comerciais, quanto daqueles provenientes da mineralização da matéria orgânica do solo (TORRES et al., 2008), o que possibilita a produção de alimentos mais saudáveis, com menor quantidade de adubos minerais (BUZINARO; BARBOSA; NAHAS, 2009) e consequentemente reduz os custos de produção (FERREIRA; SOUZA; CHAVES, 2012).

As decisões de gestão sobre o uso de plantas de cobertura devem ser baseadas em um equilíbrio entre rentabilidade agrícola e sustentabilidade ambiental (KRAMBERGER et al., 2009). Na escolha de plantas de cobertura é essencial maximizar suas vantagens e minimizar inconvenientes. Para isso, na seleção da cultura de cobertura deve-se observar as necessidades específicas do agricultor e do agrossistema (RAMIREZ-GARCIA et al., 2014).

A família fabaceae é composta por espécies que apresentam menor relação C/N em comparação às poáceas devido a sua capacidade de fixação simbiótica do nitrogênio atmosférico, contribuem para o aumento da disponibilidade de nitrogênio no solo (OHLAND et al., 2005). Porém, apresentam o inconveniente de se decompor rápidamente, propiciando baixa persistência dos resíduos vegetais na superfície do solo (TEIXEIRA et al., 2009).

Dentre as fabáceas, pode-se citar a *Crotalaria juncea* L., originária da Índia e Ásia Tropical, apresenta grande potencial de cultivo na região de Cerrado. Apresenta crescimento rápido, promovendo rápida cobertura do solo, com potencial de produção de massa seca de 4 t $ha^{-1}$ à 15 t $ha^{-1}$ e, em regiões com precipitação pluvial de 200 a 400 mm. Obtém excelente

capacidade de fixação de $N_2$, entre 150 kg $ha^{-1}$ e 165 kg $ha^{-1}$ por ano. O guandu (*Cajanus cajan* L.), também originária da Índia e Ásia Tropical, apresenta grande potencial de cultivo na região de Cerrado. Tem crescimento inicial lento, no entanto, pode produzir massa seca de 5 a 18 t $ha^{-1}$ em regiões com 200 a 400 mm de precipitação pluvial. Proporciona efeitos benéficos pela fixação de $N_2$, podendo fixar de 41 a 280 kg de N $ha^{-1}$ por ano e, devido às exsudações radiculares, como os ácidos piscídicos, responsáveis pela solubilização e disponibilização do P combinado ao ferro (WUTKE; CALEGARI; WILDNER, 2014).

As poáceas colaboram na manutenção de níveis maiores de matéria orgânica no solo, comparadas às fabáceas, devido a sua alta relação C/N e ao alto teor de lignina na sua composição, formando húmus de maior estabilidade; porém, podem apresentar problemas em relação à disponibilidade de N (BULISANI; ROSTON, 1993). A ocorrência de deficiência de nitrogênio é facilitada, dessa forma, principalmente nos estádios iniciais de desenvolvimento da cultura, com consequentes perdas de produtividade de milho (BORTOLINI; SILVA; ARGENTA, 2000).

O milheto (*Pennisetum glaucum* L.) espécie forrageira de clima tropical, indicada para região de Cerrado; apresenta crescimento rápido; sistema radicular vigoroso; alto potencial de perfilhamento e de ciclagem de nutrientes. É uma planta resistente a seca, por isso, necessita de aproximadamente 30 mm de precipitação para a germinação; produz em média 10 t $ha^{-1}$ de massa seca (WUTKE; CALEGARI; WILDNER, 2014).

A decomposição dos diferentes resíduos de adubos verdes (leguminosas e não leguminosas) pode trazer efeitos positivos ou negativos para a cultura em sucessão, o desafio maior é maximizar os efeitos positivos. Por isso, é necessário conhecer a dinâmica dos processos de decomposição e liberação dos nutrientes. Os fatores que afetam a decomposição dos resíduos culturais e liberação dos nutrientes são regidos pelas características dos resíduos, como tamanho de partícula (fracionamento) e composição bioquímica; fertilidade do solo (nutrientes); presença de macro e microrganismos que fazem parte da biota do solo e condições climáticas, como temperatura e umidade (AITA; GIACOMINI; CERETTA, 2014).

Na cultura do milho, a utilização de coberturas vegetais (adubos verdes) tem promovido a redução da necessidade de fertilizantes nitrogenados e, proporcionado incremento na produtividade da cultura (FANCELLI, 2010b).

A substituição do pousio por ervilhaca proporcionou maior absorção de N pelo milho, no primeiro, segundo e terceiro ano, devido à recuperação do N do resíduo da leguminosa pelo milho (GABRIEL; QUEMADA, 2011).

Materiais de alta qualidade tal como crotalária juncea, pode ser utilizado diretamente

como fonte de N em sistemas com a cultura do milho, com eficiência de utilização de nutrientes a taxas mais elevadas (MTAMBANENGWE; MAPFUMO; VANLAUWE, 2006).

Silva et al. (2006b) observaram que o cultivo do milho em sucessão à crotalária proporcionou maior produtividade, com maior quantidade de nitrogênio na planta proveniente de absorção e recuperação do nitrogênio, em relação ao pousio e ao milheto. França et al. (2011) concluíram que a presença de leguminosas no sistema resultou em maior disponibilidade de N em comparação com os sistemas constituídos de gramíneas, independente da dose residual de N, aplicada ao milho. Pasqualeto e Costa (2001), na sucessão guandu-milho, observaram plantas de milho com maior porte, pela contribuição da fixação de N pelo guandu, maior produção de grãos por planta. Também, Pelá (2002); Andrioli et al. (2008), nas mesmas condições edafoclimáticas, observaram maiores produções de grãos de milho na sucessão crotalária/milho e menor para milheto/milho.

## 2.4 Nitrogênio na cultura do milho

O nitrogênio tem função estrutural nas plantas, como componentes de aminoácidos e proteínas; bases nitrogenadas; ácidos nucleicos; enzimas e coenzimas; vitaminas; glicoproteínas e lipoproteínas; e pigmentos (clorofila), além de participar dos processos de absorção iônica, fotossíntese, respiração, sínteses, multiplicação e diferenciação celular e, herança gênica (GRASSI FILHO, 2010). Ainda, é considerado um dos maiores responsáveis pelo incremento na produtividade e da proteína dos grãos de milho (YAMADA; ABDALLA, 2000).

A cultura do milho extrai grandes quantidades de nitrogênio e usualmente requer o uso de adubação nitrogenada em cobertura para complementar a quantidade suprida pelo solo, quando se desejam produtividades elevadas. Resultados de pesquisa conduzidos no Brasil, possibilitam observar que em geral, 70 a 90 % dos ensaios de adubação com milho, realizados em campo, no Brasil, apresentaram respostas à aplicação de nitrogênio (COELHO et al., 2009); no entanto, em condições de campo, a recuperação do N fertilizante pela cultura, raramente é mais de 50% (YAMADA; ABDALLA, 2000).

A crescente adoção do sistema de plantio direto no Brasil e, a necessidade de utilizar culturas de cobertura e rotação de culturas, visando a sustentabilidade desse sistema, são fatores que devem ser considerados na racionalização da adubação nitrogenada (COELHO, 2007). Para diminuir a deficiência inicial de N no milho semeado em sucessão às gramíneas, recomenda-se a aplicação de maior dose na semeadura, em relação aos sistemas

convencionais (ARGENTA; SILVA, 1999, SILVA et al., 2005), acelerando a decomposição dos resíduos vegetais e a liberação de N para o desenvolvimento das plantas (GOMES et al., 2007). Isso demonstra a importância do conhecimento da dinâmica de liberação de nutrientes pelas culturas antecessoras ao milho (AMADO et al., 2002), principalmente no sistema de plantio direto no Cerrado, que, geralmente, apresentam baixa capacidade de suprimento de N (SILVA et al., 2005).

Embora a absorção do N pelo milho seja mais intensa aos 40 a 60 dias após emergência, a planta ainda absorve aproximadamente 50% do N necessário após o início do florescimento (CANTARELLA, 1993). O N é o nutriente de arranque inicial para o milho de regiões tropicais (MULLINS; ALLEY; REEVES, 1998). A aplicação de N estimula a produção de raízes na superfície do solo na fase inicial de crescimento (OIKEH et al., 1999), a produtividade de grãos e de matéria seca da parte aérea da planta (MELO et al., 1999; ARAÚJO; FERREIRA, CRUZ, 2004; REPKE et al., 2013).

Amaral Filho et al. (2005) avaliando espaçamento, densidade populacional e dose de N em cobertura (0, 50, 100 e 150 kg $ha^{-1}$) na cultura do milho, concluíram que o aumento na dose de N promove acréscimo no teor de N foliar, no índice de clorofila foliar, no número de grãos por espiga, na massa de mil grãos, na produtividade e no teor de proteína nos grãos. Dartora et al. (2013) e Vilela et al. (2012) concluíram que a adubação nitrogenada na cultura do milho aumentou os componentes de rendimento. Souza e Soratto (2006) verificaram aumento na produtividade do milho de 22% quando aplicaram 120 kg $ha^{-1}$ em cobertura, em relação ao tratamento sem aplicação de adubo nitrogenado. O incremento das doses de nitrogênio aumentou a produtividade de grãos de milho cultivado após milho até a dose de 150 kg $ha^{-1}$ de N, na região de Selvíria (Cerrado brasileiro) (SOUZA et al., 2011).

Berenguer et al. (2009), em experimento realizado na Espanha, durante quatro anos de cultivo contínuo de milho, concluíram que a dose mínima de N necessária para obter o rendimento máximo de grãos variou de ano para ano, mas nunca ultrapassou 159 kg $ha^{-1}$ de N. Relataram que esta dose foi muito menor do que o 250-300 kg $ha^{-1}$ de N, geralmente aplicado pelos agricultores na área de estudo.

## 2.5 Bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCP)

BPCP são conhecidas como bactérias de vida livre no solo, rizosfera, rizoplano e filosfera que, sob algumas condições, são benéficas as plantas. A maior parte dos estudos sobre as BPCP tem sido focada na rizosfera e, em menor medida na superfície das folhas.

BPCP endofíticas que residem no interior da planta também tem sido encontrada. Elas afetam diretamente o crescimento das plantas, fornecendo substâncias que geralmente são escassas. São capazes de fixar nitrogênio atmosférico; solubilizar fósforo e ferro, e de produzir hormônios de plantas, como auxinas, giberelinas, citocininas e etileno. Além disso, promovem maior tolerância das plantas a estresses, como seca, alta salinidade, toxicidade de metais e carga de pesticidas (BASHAN; BASHAN, 2005). As do gênero *Azospirillum*, quando inoculadas podem não alcançar a eficiência similar das simbioses rizóbio-leguminosas no solo. A contribuição do N fixado para gramíneas está em torno de 25 a 50 kg N $ha^{-1}$ $ano^{-1}$, equivalendo ao suprimento médio de aproximadamente 17% da demanda das culturas (MOREIRA et al., 2010).

A inoculação de sementes de milho com *Azospirillum brasilense* vem ganhando destaque em função de algumas vantagens em relação a adubação mineral, principalmente por não existirem perdas do N fixado, como ocorre com fertilizantes minerais (SOARES, 2009).

No Brasil, esta técnica pode gerar uma economia de 30 a 50 kg $ha^{-1}$ de nitrogênio na forma de adubo sintético (FANCELLI, 2010a). De acordo com Hungria (2011), a inoculação das sementes associada à adição de 24 kg $ha^{-1}$ de N na semeadura e 30 kg $ha^{-1}$ de N no estágio de florescimento, possibilita rendimentos médios em torno de 7.000 kg $ha^{-1}$.

Barros Neto (2008), em pesquisa avaliando o rendimento de grãos de milho em resposta a adubação nitrogenada e a inoculação das sementes com produto pré-comercial a base de *Azospirillum brasilense*, identificou 9% de aumento na produtividade de grãos de milho em razão do uso do inoculante. Portugal et al. (2012), utilizando doses de N e inoculação via foliar com *Azospirillum brasilense* em milho de Cerrado, observaram incremento de 868 kg $ha^{-1}$ na produtividade de grãos, ou seja, aumento de 14,75% em plantas inoculadas. Em experimento realizado com inoculação via semente com *Azospirillum brasilense*, adubação nitrogenada em cobertura e via foliar na cultura do milho, Kappes et al. (2012) observaram aumento na ordem de 9,4% no rendimento de grãos com a inoculação da semente.

Fulchier e Frion (1994), em condições controladas, verificaram aumento na matéria seca de milho de 35% em relação ao controle, já no experimento de campo, houve um aumento significativo no rendimento de grãos, representando 59% a mais do que o controle.

Mendonça, Urquiaga e Reis (2006), pesquisando genótipos de milho e mistura de bactérias diazotróficas (*Azospirillum lipoferum* estirpe S82, *A. amazonense* estirpe Am 76 e *Burkholderia kururiensis* estirpe M 130), verificaram que as bactérias colonizaram raízes, colmos e folhas dos genótipos de milho e as maiores populações foram encontradas nas raízes. No entanto, não foi observada contribuição da fixação biológica de nitrogênio na

produtividade. Repke et al. (2013) concluíram que a adoção da prática de inoculação com *Azospirillum brasilense*, não substitui o uso de fertilizantes nitrogenados e tampouco permite reduzir a dose.

A inoculação combinada das estirpes de *Azospirillum brasilense* e *H. seropedicae* proporcionou melhor desenvolvimento da cultura do milho em relação à testemunha, proporcionando incrementos no diâmetro de colmo, matéria seca de parte aérea e produtividade de grãos (DARTORA et al., 2013).

Os fatores que interferem nas respostas das culturas à inoculação de *Azospirillum* ainda não estão totalmente esclarecidos (REPKE et al., 2013), por isso, os resultados ainda são inconsistentes, necessitando vários estudos que visem a melhora na eficiência da inoculação.

Dessa forma, visto a importância de se preservar o solo mantendo-o recoberto por palhadas, da grande necessidade de nitrogênio pela cultura do milho e o fornecimento de nitrogênio através de bactérias em associação com a planta, é necessário desenvolver pesquisas que levem em consideração todos esses fatores de maneira que possa contribuir com maior produtividade e com uma agricultura sustentável, o que foi o objetivo do presente trabalho.

# 3 MATERIAL E MÉTODOS

## 3.1 Localização, caracterização da área experimental

O trabalho de pesquisa foi conduzido em área experimental pertencente à Faculdade de Engenharia – UNESP, Campus de Ilha Solteira, localizada no município de Selvíria – MS, situada aproximadamente a 51º 22’ de longitude Oeste de Greenwich e 20º 22’de Latitude Sul, com altitude de 335 metros.

O solo da área experimental de acordo com Santos et al. (2013) é LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico argiloso, originalmente ocupado por vegetação de Cerrado e vem sendo explorado por culturas anuais há mais de 30 anos.

Antes da instalação do experimento e ao fim do segundo ano de cultivo, foram coletadas amostras de solo para realização de análise química de acordo com a metodologia proposta por (RAIJ e QUAGGIO, 1983), cujos valores estão na Tabela 1. Após o segundo ano de cultivo foram coletadas amostras na profundidade de 0,0 – 0,20 e 0,20 – 0,40 m, para determinação da granulometria do solo (Tabela 2).

**Tabela 1 -** Características químicas do solo da área experimental avaliadas na camada de 0 a 20 cm, para os anos 2012/13, 2013/14 e 2014/15. (Selvíria – MS).

| Ano | P resina mg $dm^{-3}$ | M.O. g $dm^{-3}$ | pH $CaCl_2$ | K | Ca | Mg | H+Al | Al | CTC | V |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | ----------$mmol_c$ $dm^{-3}$---------- | | | | | | (%) |
| 2012/13 | 34 | 23 | 5,0 | 2,9 | 24 | 17 | 36 | 1 | 80,4 | 55 |
| 2013/14 | 32 | 22 | 5,1 | 1,4 | 25 | 17 | 42 | 1 | 85,4 | 51 |

Fonte: Dados do próprio autor

**Tabela 2 -** Análise granulométrica do solo da área experimental avaliadas na camada de 0 – 20 cm e 20 – 40 cm, 2014/15. (Selvíria – MS).

| Profundidade (m) | Areia | Silte | Argila |
|---|---|---|---|
| | ----------g $kg^{-1}$---------- | | |
| 0,0 – 0,20 | 534 | 80 | 386 |
| 0,20 – 0,40 | 464 | 73 | 463 |

Fonte: Dados do próprio autor

A área experimental está sendo cultivada no sistema plantio direto desde o ano agrícola 1997/98. No período de verão de 2009/10, 2010/11 e 2011/12, a área foi semeada com arroz, já no inverno desses mesmos anos, a área foi semeada com trigo nos dois primeiros anos e feijão no último. Os anos 2012/13 e 2013/14, a área foi cultivada com milho

no verão e feijão no inverno. Após a colheita do inverno, a área foi cultivada com milheto, crotalária, guandu, milheto + crotalária, milheto + guandu e pousio (com plantas espontâneas), repetindo cada cobertura vegetal durante os cinco últimos anos agrícolas nos mesmos locais de cultivo (Tabela 3). O trabalho envolveu seis sistemas de produção, alterando as coberturas vegetais na primavera, e mantendo no verão e inverno as culturas de arroz e trigo, respectivamente. Sendo conduzido no ano 2012/13 e 2013/14.

**Tabela 3** - Sistemas de produção utilizados na área experimental durante os anos agrícolas 2009/10, 2010/11 e 2011/12, 2012/13 e 2013/14. Selvíria, MS, Brasil, 2015.

| Estação/Ano | 2009/10 | 2010/11 | 2011/12 | 2012/13 | 2013/14 |
|---|---|---|---|---|---|
| **Sistema de produção 1** | | | | | |
| Primavera | Milheto | Milheto | Milheto | Milheto | Milheto |
| Verão | Arroz | Arroz | Arroz | Milho | Milho |
| Inverno | Trigo | Trigo | Feijão | Feijão | Trigo[1] |
| **Sistema de produção 2** | | | | | |
| Primavera | Crotalária | Crotalária | Crotalária | Crotalária | Crotalária |
| Verão | Arroz | Arroz | Arroz | Milho | Milho |
| Inverno | Trigo | Trigo | Feijão | Feijão | Trigo[1] |
| **Sistema de produção 3** | | | | | |
| Primavera | Guandu | Guandu | Guandu | Guandu | Guandu |
| Verão | Arroz | Arroz | Arroz | Milho | Milho |
| Inverno | Trigo | Trigo | Feijão | Feijão | Trigo[1] |
| **Sistema de produção 4** | | | | | |
| Primavera | Pousio | Pousio | *B. ruziziensis* | Pousio | Pousio |
| Verão | Arroz | Arroz | Arroz | Milho | Milho |
| Inverno | Trigo | Trigo | Feijão | Feijão | Trigo[1] |
| **Sistema de produção 5** | | | | | |
| Primavera | M + C | M + C | M + C | M + C | M + C |
| Verão | Arroz | Arroz | Arroz | Milho | Milho |
| Inverno | Trigo | Trigo | Feijão | Feijão | Trigo[1] |
| **Sistema de produção 6** | | | | | |
| Primavera | M + G | M + G | M + G | M + G | M + G |
| Verão | Arroz | Arroz | Arroz | Milho | Milho |
| Inverno | Trigo | Trigo | Feijão | Feijão | Trigo[1] |

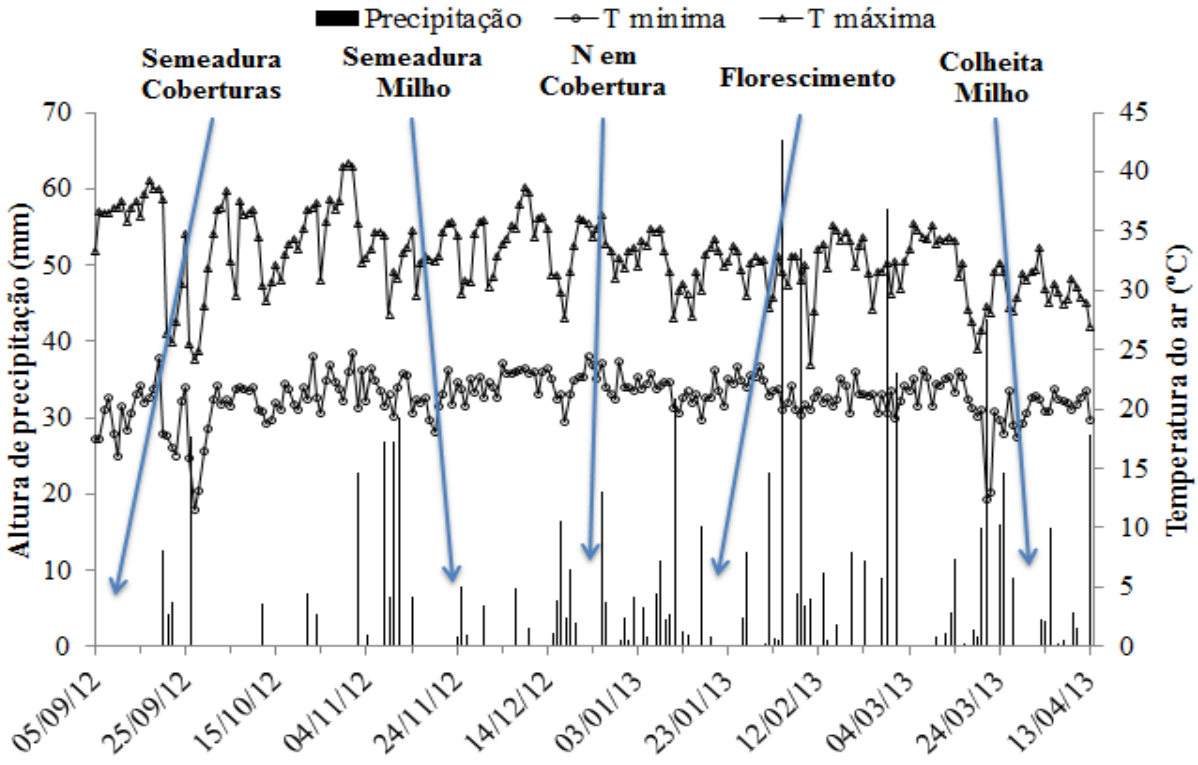
[1] Semeado após o segundo ano do experimento.
Fonte: Dados do próprio autor

## 3.2 Condições climáticas

O clima predominante da região, conforme classificação de Köppen, é do tipo Aw, definido como tropical úmido, estação chuvosa no verão e seca no inverno. A precipitação pluvial média anual é de 1.330 mm, temperatura do ar média anual de aproximadamente 25 °C e umidade relativa do ar média anual de 66% (CENTURION, 1982).

Os valores de precipitação pluvial, temperatura mínima e máxima durante a condução do experimento estão nas Figuras 1 e 2.

**Figura 1 -** Variação diária da precipitação pluvial e da temperatura mínima e máxima do ar, durante os períodos de setembro de 2012 a março de 2013.

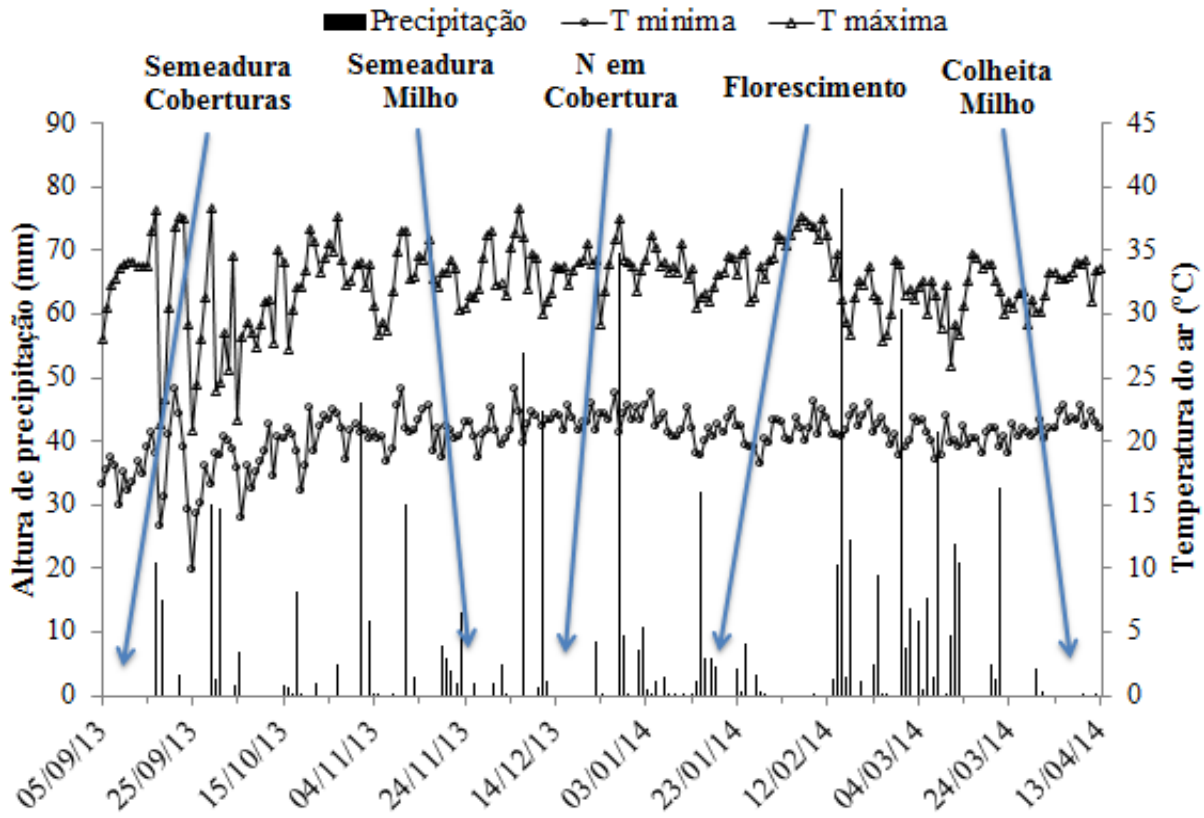



Fonte: UNESP (2013).

O acumulado de precipitação no ciclo das coberturas vegetais, para o primeiro e segundo ano agrícola (Figura 1 e 2), foi de 182 mm e 228 mm, respectivamente. Além de menor quantidade de chuva para o primeiro ano, houve distribuição irregular e incidência de altas temperaturas em pleno desenvolvimento vegetativo. Esses períodos de estiagem foram suplementados com irrigação por aspersão.

Para a cultura do milho, o valor acumulado de precipitação para o primeiro ano agrícola (670 mm) e para o segundo (706 mm) (Figura 1 e 2), pode-se inferir que ambos foram adequados, visto que, de acordo com Fancelli e Dourado Neto (2000) a cultura exige no mínimo 350-500 mm de precipitação no verão para que produza normalmente, sem a necessidade da prática de irrigação. Os autores citam que o consumo de água pelo milho, em clima quente e seco, raramente excede 3,0 mm $dia^{-1}$, enquanto a planta estiver com altura inferior a 30 cm. No entanto, durante o período entre o espigamento e a maturação, o consumo pode se elevar para 5,0 a 7,5 mm diários.

**Figura 2** - Variação diária da precipitação pluvial e da temperatura mínima e máxima do ar, durante os períodos de setembro de 2013 a março de 2014.




Fonte: UNESP (2014).

No entanto, a distribuição das chuvas no ciclo do milho para o segundo ano foi irregular, onde ocorreu veranico de 14 dias (30/01 a 12/02), durante a fase de enchimento de grãos. Mesmo sendo suplementada pela irrigação, a ocorrência de chuvas traz outros benefícios, como o aumento da umidade relativa e diminuição da temperatura, fatores não observados apenas com o uso da irrigação.

### 3.3 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados em esquema fatorial 6x4x2 com 48 tratamentos, constituídos pela utilização de seis coberturas vegetais [milheto (*Pennisetum americanum*), crotalária (*Crotalaria juncea*), guandu (*Cajanus cajan*), milheto + crotalária, milheto + guandu e pousio]; quatro doses de N em cobertura (0, 40, 80 e 120 kg $ha^{-1}$ de N), definidas em função da expectativa de produtividade (8.000 kg $ha^{-1}$), conforme recomendações propostas por Sousa e Lobato (2004), na presença e ausência de inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense.* As parcelas foram constituídas por 7 linhas de 6m de

comprimento, com espaçamento entrelinhas de 0,45m. A área útil foi constituída pelas cinco linhas centrais, desprezando-se 0,50 m em ambas as extremidades de cada linha.

### 3.4 Caracterização do Híbrido

Foram utilizados híbridos simples, com a presença da tecnologia de transgenia com inserção do gene Bt (*Bacillus thuringiensis*), que visa o controle de pragas da cultura do milho, principalmente a lagarta *Spodoptera frugiperda.* Para o primeiro ano agrícola foi utilizado o híbrido simples DKB 390 PRO e no segundo ano, o 2B710 PW (Tabela 4).

**Tabela 4 -** Características agronômicas e níveis de reações às doenças do híbrido de milho DKB 390 VT PRO e 2B710 PW, Selvíria – MS, Brasil (2012/2013 e 2013/14).

| **Atributo** | **Híbrido** | |
|---|---|---|
| | *DKB 390 PRO* **2012/13** | *2B710 PW* **2013/14** |
| | **Características** | |
| Tipo | Simples | Simples |
| Ciclo | Precoce | Precoce |
| Graus dias | 870 | 850 |
| Uso | grãos | grãos |
| Cor do grão | amarelo/alaranjado | amarelo/alaranjado |
| População | 60-65 mil | 55-65/50-65 mil |
| Textura do grãos | semi-duro | semi-duro |
| Resistência ao acamamento | Alta | Alta |
| Altura de plantas | 2,2 m | 2,02 m |
| Altura de espiga | 1,25 m | 1,1 m |
| Nível de tecnologia | Alta | Média/Alta e Alta |
| **Comportamento em relação às doenças** | | |
| fusariose | Medianamente tolerante | Sem informação |
| *Puccinia sorghi* | Medianamente tolerante | Medianamente resistente |
| *Physopella zeae* | Suceptível | Medianamente resistente |
| *Puccinia polysora* | Medianamente suceptível | Medianamente resistente |
| *Phaeosphaeria maydis* | Altamente tolerante | Medianamente resistente |
| enfezamento | Altamente tolerante | Medianamente resistente |
| *Helminthosporium turcicum* | Medianamente suceptível | Medianamente suceptível |
| *Helminthosporium maydis* | Tolerante | Medianamente suceptível |
| Cercosporiose | Medianamente suceptível | Medianamente resistente |
| Doenças colmo | Altamente tolerante | Medianamente resistente |
| Sanidade grãos | Medianamente tolerante | Medianamente suceptível |

Fonte: Cruz, Pereira Filho e Queiroz (2013).

### 3.5 Instalação e condução do experimento

3.5.1 Coberturas vegetais

A implantação das coberturas vegetais foi realizada no dia 05/09/2012 e no dia 09/09/2013, com equipamento tratorizado, no espaçamento de 0,45m para marcar as linhas. A semeadura das coberturas vegetais foi realizada manualmente, com matraca, utilizando em média 60 kg $ha^{-1}$ de sementes de guandu, 25 kg $ha^{-1}$ de crotalária e 15 kg $ha^{-1}$ de milheto; nos tratamentos com consórcio, foram utilizados 50% de sementes de cada espécie. O fornecimento de água, quando necessário, foi realizado por sistema fixo de irrigação por aspersão, do tipo canhão, com turno de rega de dois dias por semana.

Foi realizada a capina manual da área, quando necessário, para evitar competição das coberturas vegetais com plantas invasoras.

Por ocasião do florescimento do milheto e crotalária, aos 63 DAE (12/11/2012) e aos 58 DAE (13/11/2013), foi realizado o manejo químico das coberturas vegetais com a aplicação dos herbicidas 2,4 D e glifosato, nas doses de 1.209 e 1.440 g $ha^{-1}$ do i.a., respectivamente. Após nove dias, a área foi manejada com desintegrador mecânico Triton®, para facilitar a implantação da cultura do milho em sucessão e demarcação das parcelas experimentais.

### *3.5.2 Cultura do Milho*

Logo após o manejo das coberturas vegetais, foi realizada a coleta de massa seca dos resíduos das coberturas vegetais, no dia 21/11/2012 e 23/11/2013. A calagem da área experimental foi realizada com base na análise química do solo na camada de 0 – 20 cm, elevando a saturação por bases (V%) para 70, sendo a aplicação feita em superfície. No primeiro ano foi realizada no dia 23/11/2012, com 1,64 t $ha^{-1}$ de calcário com PRNT de 73% e no segundo ano, foi realizada no dia 14/10/2013, quando as coberturas vegetais estavam com 28 DAE, com 1,5 t $ha^{-1}$ de calcário com PRNT de 80,3%. Foi realizada a calagem sob as coberturas vegetais com intuito de promover a correção do solo antes da semeadura do milho, visando fornecer melhores condições ao milho, na sequência.

A semeadura do milho foi realizada no dia 23/11/2012 e 25/11/2013. A emergência do milho ocorreu aos seis dias após a semeadura no primeiro ano (29/11/2012) e aos cinco dias após a semeadura no segundo ano (30/11/2013).

As sementes foram tratadas, com imidacloprido (inseticida sistêmico do grupo químico dos neonicotinóide) e tiodicarbe (inseticida do grupo químico dos carbamatos), nas doses de 50 e 150 g do i.a. para 60.000 sementes, respectivamente, objetivando evitar o ataque inicial de eventuais insetos-praga. Após o tratamento de sementes foi realizada a

inoculação, em ambiente sombreado, pouco antes da semeadura, com as estirpes Ab-$V_5$ e Ab-$V_6$ de *Azospirillum brasilense*. O inoculante utilizado apresenta $2x10^8$ células viáveis por grama do produto comercial, utilizando-se a dose de 200 g de inoculante turfoso, no primeiro ano e 200 mL do inoculante líquido no segundo ano, para 25 kg de sementes. Foram distribuídas três sementes por metro de sulco a uma profundidade de 4 cm, no espaçamento de 0,45 m entre as linhas. Foi utilizada semeadora específica para o sistema plantio direto, equipada com mecanismo sulcador de hastes (tipo botinha) e sistema de distribuição de sementes pneumático (vácuo por discos perfurados).

A adubação química básica nos sulcos de semeadura foi calculada de acordo com as características químicas do solo e visando produtividade de 6 à 8 t, com base nas recomendações de Cantarella e Furlani (1996), sendo utilizados, no primeiro ano 300 kg $ha^{-1}$ do formulado 08-28-16 e no segundo, 300 kg $ha^{-1}$ do 08-28-16 + 4,24% S.

A adubação nitrogenada em cobertura (doses de nitrogênio) foi realizada por ocasião da formação completa da 5ª folha ($V_5$), no dia 17/12/2012, aos 18 DAE no primeiro ano e, no segundo ano, foi realizada no dia 16/12/2013, aos 17 DAE. A fonte utilizada foi a ureia, distribuída em filetes do lado de cima das linhas de plantas. Logo após a aplicação, no primeiro ano, ocorreu precipitação de 16 mm, a qual possibilitou minimizar perdas do nutriente por volatilização; no segundo ano por não ocorreu precipitação, foi aplicada lâmina de irrigação de aproximadamente 15 mm.

Para manter a cultura livre da competição com plantas invasoras, em ambos os anos, aplicou-se em pós-emergência os herbicidas atrazina e tembotriona, nas doses de 1.000 e 100 g $ha^{-1}$ do i.a., respectivamente, em forma de mistura de tanque. Adicionou-se na calda de aplicação o adjuvante éster metilado de óleo de soja (500 g $ha^{-1}$ do i.a.). A aplicação foi realizada mediante o uso de pulverizador de barras tratorizado munido com bicos contendo pontas do tipo jato plano (“leque”) e regulado para aplicar 200 L $ha^{-1}$ de calda.

O florescimento pleno da cultura primeiro ano, ocorreu no dia 16/01/2013, aos 48 DAE e, no segundo ano ocorreu dia 17/01/2013, aos 49 DAE. A colheita das espigas no primeiro ano foi realizada de forma manual, no dia 11/04/2013, aos 133 DAE e, no dia 08/04/2013, aos 130 DAE, momento no qual os grãos apresentavam-se em média, com 18% de umidade.

### 3.6 Avaliações realizadas

*3.6.1 Massa seca das coberturas vegetais (MSCV)*

Determinada no dia 21/11/2012 e 23/11/2013, após a passagem do desintegrador mecânico, coletando-se os restos vegetais, utilizando-se um quadrado de 0,50m de lado e área de 0,25m$^2$, em dois pontos por parcela. As amostras foram acondicionadas em sacos de papel, devidamente identificadas e levadas para o laboratório para secagem em estufa de ventilação forçada à temperatura de 65ºC até ponto de massa em equilíbrio, fazendo-se a quantificação em kg ha$^{-1}$.

*3.6.2 Teores e conteúdos de N, P e K na massa seca das coberturas vegetais*

Foram determinados os teores de N, P e K (g kg$^{-1}$) das coberturas vegetais, conforme metodologia proposta por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997). Pelo produto do teor de nutrientes e os valores extrapolados da MSCV (kg ha$^{-1}$), obteve-se o N, P e K acumulados pelas coberturas vegetais.

*3.6.3 População inicial e final de plantas de milho*

A população inicial de plantas foi determinada no momento da aplicação do nitrogênio em cobertura, através da contagem das duas linhas centrais de cada parcela de seis metros e os valores foram extrapolados para hectare. A população final de plantas foi realizada antecedendo a colheita das espigas, também mediante a contagem das plantas presentes nas duas linhas centrais de cada parcela e os valores obtidos também foram extrapolados em plantas ha$^{-1}$.

*3.6.4 Produção de massa seca de parte aérea do milho*

A produção de massa seca de parte aérea foi mensurada quando 50% das plantas apresentavam-se no estádio de florescimento pleno (RITCHIE; HANWAY; BENSON, 2003), no dia 16/01/2013 e 17/01/2013, coletando-se, de maneira contínua na linha de semeadura, cinco plantas representativas na área útil de cada parcela. As plantas foram cortadas rentes à superfície do solo, sendo posteriormente fragmentadas em desintegrador forrageiro (modelo DPM-1/Nogueira®) e submetidas à secagem em estufa com renovação e circulação forçada de ar à temperatura de 60±5 °C, até atingir massa constante. Os resultados obtidos foram

expressos em g planta$^{-1}$ e em kg ha$^{-1}$ de massa seca de parte aérea, pela extrapolação dos resultados baseando-se na população final de plantas.

*3.6.5 Teor foliar de nitrogênio*

Com a maioria das plantas no estádio de florescimento pleno, foram coletados os terços centrais dos limbos de cinco folhas situadas opostamente e abaixo da espiga principal (MALAVOLTA, 1992; OLIVEIRA, 2004) de plantas presentes na área útil de cada parcela. Em seguida, foram submetidos à secagem em estufa com renovação e circulação forçada de ar à temperatura de 60±5 °C, até atingir constância em massa. Após a secagem, os limbos foliares foram moídos em moinho de facas do tipo Wiley, com peneira de 1,0 mm. A determinação de N foliar foi realizada conforme metodologias descritas por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997), com os resultados expressos em g kg$^{-1}$ de N.

*3.6.6 Índice de clorofila foliar*

A estimativa do teor médio de clorofila foliar foi realizada em condições de campo com a utilização de clorofilômetro portátil marca ClorofiLOG®, modelo CFL 1030 (Falker Automação Agrícola®), que por meio de sensores, analisa três faixas de frequência de luz e pelas relações de absorção de diferentes frequências, fornece medições dos teores das clorofilas *a*, *b* e total (*a*+*b*), expressas em unidades dimensionais chamadas ICF (Índice de Clorofila Foliar) (FALKER, 2008). A leitura foi realizada no estádio de florescimento pleno, realizada na folha oposta e abaixo da espiga principal, com 5 plantas na área útil da parcela.

*3.6.7 Teor de nitrogênio, fósforo e potássio na planta inteira.*

Os teores de nitrogênio, fósforo e potássio na planta inteira foram determinados após a avaliação de produção de massa seca de parte aérea, coletando-se uma subamostra de aproximadamente 30 g do material de cada parcela. O material coletado foi moído em moinho de facas do tipo Wiley, com peneira de 1,0 mm. As determinações de tais nutrientes foram realizadas conforme metodologias descritas para a determinação dos teores de nitrogênio, fósforo e potássio foliar (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997), com os resultados expressos em g kg$^{-1}$ e kg ha$^{-1}$ de N, P e K, pela extrapolação dos dados baseando-se na massa seca acumulada.

*3.6.8 Altura de planta*

A determinação da altura média de planta foi realizada quando 50% das plantas apresentavam espigas com grãos pastosos. Sendo obtida pela distância entre a superfície do solo e a base da folha ―bandeira com auxílio de régua graduada e os resultados expressos em centímetros.

*3.6.9 Altura de inserção de espiga*

A altura média de inserção de espiga foi obtida pela distância entre a superfície do solo e o ponto de inserção da espiga principal com o colmo, com uso de régua graduada. Realizada quando a maioria das plantas apresentavam espigas com grãos pastosos, considerando as mesmas plantas utilizadas na determinação da altura média de planta, os resultados expressos em centímetros.

*3.6.10 Diâmetro de colmo*

Foi determinado o diâmetro do segundo internódio a partir da base da planta, pelo uso de paquímetro digital, modelo CD-6 CSX-B (Mitutoyo Sul Americana®). Foram consideradas as mesmas plantas utilizadas na obtenção da altura média de planta e de inserção de espiga, com os resultados expressos em milímetros.

*3.6.11 Comprimento de espiga*

A determinação do comprimento médio de espiga foi realizada após a colheita e antes da trilha dos grãos, considerando-se aleatoriamente dez espigas despalhadas em cada parcela, as quais foram medidas da base até o ápice com a utilização de régua graduada, os resultados foram expressos em milímetros.

*3.6.12 Diâmetro de espiga*

O diâmetro médio de espiga foi obtido medindo-se o terço central da espiga. Foram amostradas dez espigas em cada parcela, após a colheita e antes da trilha dos grãos, sendo

essas, as mesmas utilizadas na determinação do comprimento de espiga. Os resultados foram expressos em milímetros.

*3.6.13 Massa de mil grãos*

Aleatoriamente, foi coletada uma subamostra de 250 grãos por parcela, a qual foi submetida à pesagem em balança de precisão (0,001 g) e à determinação de umidade, possibilitando estimar a massa dos grãos corrigida para 13% de umidade (base úmida – b.u.). Os resultados foram extrapolados para massa de mil e expressos em gramas.

*3.6.14 Produtividade de grãos*

A produtividade foi obtida a partir da debulha e pesagem dos grãos oriundos das espigas colhidas nas duas linhas centrais de cada parcela. Os valores obtidos foram extrapolados para kg $ha^{-1}$ e corrigidos para 13% de umidade (b.u.).

**3.7 Análise estatística**

Os resultados foram submetidos ao teste F da análise de variância. Constatado resultado significativo pelo teste F ($p<0,01$ e $p<0,05$), foi realizada a comparação de médias pelo teste de Tukey ($p<0,05$) para as coberturas vegetais e inoculação de sementes, e regressão polinomial para as doses de nitrogênio. O programa estatístico Sisvar foi utilizado nas análises estatísticas (FERREIRA, 2008).

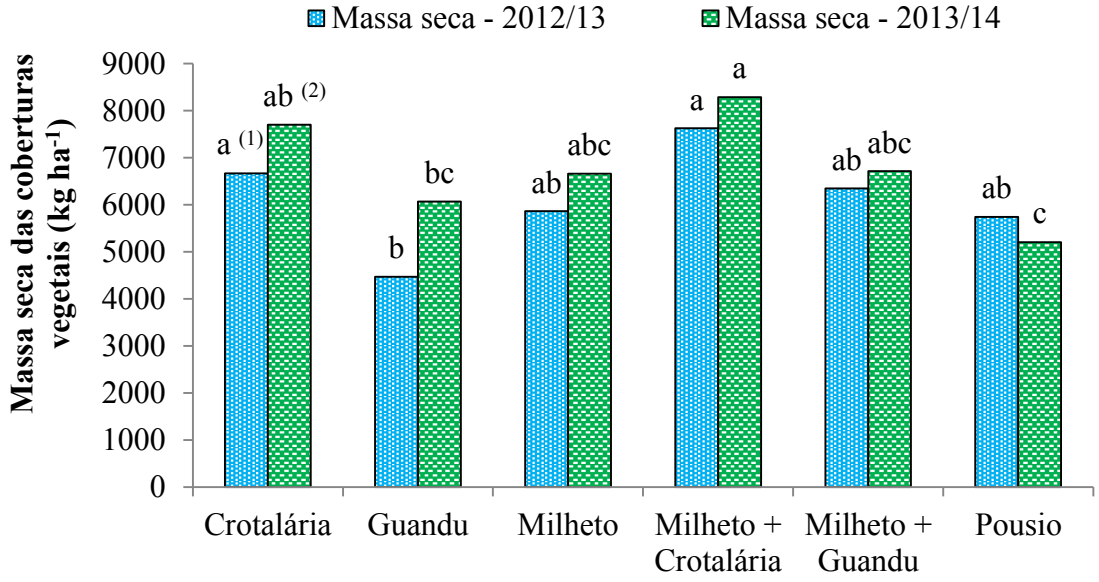
# 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

## 4.1 Coberturas vegetais

### *4.1.1 Massa seca*

Analisando os valores médios de massa seca das coberturas vegetais, para os dois anos agrícolas (Figura 3), verifica-se que no primeiro ano, os tratamentos com crotalária e milheto + crotalária apresentaram as maiores médias, diferindo significativamente apenas do tratamento com plantas de guandu. No segundo ano, o tratamento com milheto + crotalária foi superior ao guandu e ao pousio. Com exceção do tratamento com guandu, no primeiro ano e, o pousio, no segundo ano, os demais apresentaram valores de massa seca próximos ou superiores a 6 t $ha^{-1}$, o que segundo Heckler e Salton (2002) possibilita boa cobertura do solo em SPD. Os autores citam que a quantidade de palha sobre o solo e sua uniformidade de distribuição é referência para avaliação preliminar sobre as condições nas quais o SPD está se desenvolvendo; além do mais, a cobertura da superfície do solo atua dissipando a energia cinética da chuva e como obstáculo ao escorrimento superficial da água, minimizando ou eliminando a erosão.

**Figura 3 -** Massa seca das coberturas vegetais cultivadas anteriormente à cultura do milho. Selvíria – MS, Brasil (2012/13 e 2013/14).(1) (2) Letras iguais, dentro do mesmo ano, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de significância.




Fonte: Dados do próprio autor

Torres, Pereira e Fabian (2008), trabalhando com produção de fitomassa por plantas de cobertura, observaram resultados semelhantes ao presente trabalho. Gitti et al. (2012) estudando coberturas vegetais no sistema plantio direto na cultura do arroz de terras altas, observaram valor de massa seca superior para o consorcio de milheto + crotalária em relação ao tratamento com guandu. Cazetta et al. (2008) observaram valores inferiores para o guandu e valores superiores para milheto, em cortes aos 60 dias após a semeadura.

Deve-se salientar que, em relação ao pousio, para o primeiro ano (2012/13), houve predominância de *Urochloa ruziziensis*, já no segundo ano (2013/14) houve a presença de várias espécies de plantas: picão-preto (*Bidens pilosa*), carrapicho de carneiro (*Acanthospermum hispidum* DC.), trapoeiraba (*Commelina benghalensis*), feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), leiteiro (*Euphorbia heterophylla* L.), sorgo vassoura (*Sorghum bicolor* L.), capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica* L.) e braquiária ruziziensis (*Urchloa ruziziensis*).

### *4.1.2 Teor de nitrogênio, fósforo e potássio*

Quanto ao teor de nitrogênio (N) contido nas coberturas vegetais, quando do florescimento do milheto e da crotalária, para ambos os anos (Tabela 5), destacam-se as plantas leguminosas solteiras, diferindo das plantas de milheto e, do tratamento milheto + guandu, no segundo ano. O observado se dá pelo fato de leguminosas fixam simbioticamente $N_2$ da atmosfera na sua massa vegetal. As plantas leguminosas apresentam metabolismo fotossintético $C_3$ (TAIZ; ZEIGER, 2013), as quais apresentam quantidade da enzima RuBPcarboxilase (Rubisco) de em torno de 50% da proteína solúvel na folha, representando investimento de nitrogênio na formação da enzima (LEEGOOD, 1996; VIEIRA et al., 2010), possibilitando redução na relação C/N dos resíduos culturais. As gramíneas (como o milheto) apresentam metabolismo fotossintético $C_4$ (TAIZ; ZEIGER, 2013), ou seja, apresentam duas enzimas fotossintéticas, a Rubisco, que representa um consumo de 25% de nitrogênio para sua síntese e, a PEPcarboxilase (PEPcase) que representa 10%; somando as duas, resulta em aproximadamente 35% de consumo de nitrogênio (VIEIRA et al., 2010). Havendo, pois, maior disponibilidade de N para o crescimento em outros órgãos nas plantas $C_4$ (PIMENTEL, 1998), levando, de maneira geral, a redução no teor de N no tecido (FOLONI et al., 2008).

Leal et al. (2013) e Silva et al. (2008) também observaram maior teor de N para a crotalária em relação ao milheto, nas mesmas condições do presente trabalho. Calvo, Foloni e Brancalião (2010) observaram teor de N superior em plantas de guandu e inferior em plantas de milheto, quando cortadas aos 60 e 90 dias após a semeadura.

Em relação ao teor de fósforo (P) contido nas coberturas vegetais (Tabela 5), para o primeiro ano agrícola, observa-se que o guandu apresentou média superior ao do milheto + crotalária. As plantas de guandu são conhecidas como "plantas descompactadoras", por possuírem sistema radicular pivotante e bem desenvolvido (ALVARENGA, 1993), rompendo camadas compactadas e explorando o solo em maior profundidade. As raízes do guandu têm a característica de produzir exsudatos que promovem a liberação do P adsorvido aos óxidos e hidróxidos de Fe nos solos de Cerrado (AE; ARIHARA; OKADA, 1991), podendo aumentar seu teor no solo e consequentemente a concentração na planta. De acordo com Carvalho e Amabile (2006), quando ocorre essa solubilização e o P disponível resultante é absorvido em maiores proporções pela própria planta; na ocorrência da mineralização do guandu, o P nele contido ficará disponível por um período maior em função da relação C/N ser mais elevada nessa leguminosa em comparação a outras leguminosas, além do fato daquele apresentar carbono recalcitrante. Carneiro et al. (2004) detectaram aumento das populações de bactérias e fungos solubilizadores em solo de Cerrado cultivado com guandu. Amabile, Fancelli e Carvalho (1999) observaram maior teor de P em plantas de guandu, comparativamente a plantas de crotalária juncea, crotalária ochroleuca e mucuna preta. Gitti (2012), testando as mesmas coberturas vegetais do presente estudo, não verificou diferença no teor de P nas mesmas. Ambrosano et al. (2013) avaliando várias leguminosas, observaram maior teor de P em plantas de guandu-anão, apresentando 3,02 g $kg^{-1}$, valor semelhante ao presente estudo.

**Tabela 5 –** Teor de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) em diferentes coberturas vegetais. Selvíria – MS, Brasil (Safras 2012/13 e 2013/14).

| Coberturas Vegetais | N | | P | | K | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ----------g $kg^{-1}$---------- | | | | | |
| | 12/13 | 13/14 | 12/13 | 13/14 | 12/13 | 13/14 |
| Crotalária | 18,55 a | 14,20 a | 2,62 ab | 1,85 b | 18,63 b | 10,69 b |
| Guandu | 18,29 a | 15,45 a | 3,06 a | 1,99 ab | 23,33 ab | 10,12 b |
| Milheto | 14,67 b | 10,91 b | 2,49 ab | 1,54 b | 25,00 a | 14,31 a |
| Milheto + Crotalária | 15,98 ab | 13,26 ab | 2,31 b | 1,80 b | 20,88 ab | 13,25 ab |
| Milheto + Guandu | 16,96 ab | 11,20 b | 2,47 ab | 1,87 b | 21,25 ab | 14,56 a |
| Pousio | 16,98 ab | 13,56 ab | 2,44 ab | 2,35 a | 26,25 a | 15,69 a |
| DMS | 3,44 | 2,78 | 0,67 | 0,50 | 6,05 | 3,39 |
| Valor de F[(1)] | 3,759* | 8,38** | 3,218* | 5,94** | 4,64** | 9,21** |
| CV (%) | 8,85 | 9,24 | 11,33 | 11,50 | 11,68 | 11,25 |
| Média Geral | 16,90 | 13,10 | 2,56 | 1,90 | 22,56 | 13,10 |

[(1)]Teste F: ** e * – significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente. Médias seguidas por mesma letra nas colunas não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey. CV – coeficiente de variação experimental

Fonte: Dados do próprio autor

Para o segundo ano, o pousio possibilitou maior teor de P que as demais culturas, exceto com guandu. Favero et al. (2000) trabalhando com acúmulo de nutrientes por plantas espontâneas e por leguminosas utilizadas para adubação verde, verificaram maior teor de P em plantas de *Euphorbia heterophylla* (2,8 g $kg^{-1}$). Também, Cavalcante et al. (2012) observaram maior teor de P em vegetação espontânea (4,0 g $kg^{-1}$) e menores teores em feijão guandu arbóreo (2,0 g $kg^{-1}$) e mucuna-preta (2,2 g $kg^{-1}$).

Quanto aos teores médios de potássio (K) nas coberturas vegetais (Tabela 5), para o primeiro ano agrícola, destacam-se o milheto e o pousio com os maiores valores, 25,00 g $kg^{-1}$ e 26,25 g $kg^{-1}$, respectivamente, embora estatisticamente difiram apenas do tratamento com crotalária. O fato de o milheto e o pousio (predominando braquiária) terem obtido maiores teores de K, pode estar relacionado ao desenvolvimento das raízes fasciculadas dessas poáceas, aumentando o volume de solo a ser explorado e ciclando maior quantidade de potássio. Para o segundo ano, os teores de K seguiram a mesma tendência do primeiro ano. O milheto, milheto + guandu e o pousio, destacaram-se com as maiores médias, diferindo significativamente apenas da crotalária e do guandu. Segundo Rosolem e Calonego (2013) o maior acúmulo de K na massa seca de plantas é de grande importância, pois assim, o K está menos suscetível a perdas por lixiviação e, consequentemente, permanece no sistema.

Os dados obtidos corroboram com os de Cazetta, Fornasieri filho e Girotto (2005) e Kappes (2012) que observaram maior teor de K em milheto e menor teor em crotalária. Também Perin et al. (2004) concluíram que a crotalária apresenta maiores teores de N e Ca, enquanto que o milheto e as plantas espontâneas (picão preto, serralha e tiririca) apresentam maiores teores de K. Partelli et al. (2011) observaram maior teor de K em plantas espontâneas (22,8 g $kg^{-1}$), seguido por milheto (13,6 g $kg^{-1}$) e, com menor teor, o guandu (5,39 g $kg^{-1}$). Ferrari Neto et al. (2011) observaram maior teor de K em plantas de milheto (23,0 g $kg^{-1}$), seguido do tratamento com milheto + guandu (19,6 g $kg^{-1}$) e do guandu (11,0 g $kg^{-1}$).

### *4.1.3 Nitrogênio, fósforo e potássio acumulados*

De acordo com os valores médios de N acumulados no primeiro ano (Tabela 6), observa-se que as maiores médias ocorreram em crotalária e milheto + crotalária, não diferindo, entretanto, do milheto + guandu e pousio. Os tratamentos com os menores valores de N acumulado foram o milheto e o guandu, sendo esses valores atribuídos as menores massas seca dessas plantas por hectare.

No segundo ano agrícola, a cobertura vegetal com milheto + crotalária possibilitou maior quantidade de N acumulado em relação ao pousio. Soratto et al. (2012) observaram maior acúmulo de N em plantas de milheto, seguido da crotalária e do consórcio entre ambos, quando manejadas aos 75 DAE.

Silva et al. (2006c), Ohland et al. (2005) e Kappes (2011) observaram que a crotalária, além de elevada produção de massa seca, se associa ao rizóbios que fixam $N_2$ atmosférico, refletindo em maior teor de N na massa seca. Silva et al. (2006c) citam que a crotalária proporciona quantidade acumulada de N de aproximadamente 2,7 e 5,8 vezes superior ao milheto e ao pousio, respectivamente. Torres et al. (2005) observaram valor de N acumulado superior para a crotalária em relação ao milheto, porém, não diferiu do guandu. Gitti et al. (2012) observaram quantidade de N acumulado em crotalária e milheto + crotalária na ordem de 75,5 e 74,9 kg $ha^{-1}$, respectivamente, sendo, esses tratamentos superiores ao guandu (44,4 kg $ha^{-1}$). Teixeira et al. (2009) observaram maior acúmulo de N no tratamento milheto + crotalária (252,11 kg $ha^{-1}$), em comparação ao tratamento com milheto (131,10 kg $ha^{-1}$). Perin et al. (2004) observaram maior valor para N acumulado no consorcio milheto + crotalária, comparado com o tratamento com vegetação espontânea.

Quanto a quantidade de P acumulado, no primeiro ano agrícola (Tabela 6), o tratamento com crotalária possibilitou valores superiores ao do guandu. Isto ocorreu devido ao seu crescimento lento, com baixo acúmulo de massa seca, no decorrer do período experimental. As plantas, no geral, têm maior teor de nutrientes, até a fase de florescimento, porém pouco acúmulo de massa seca. Como as coberturas vegetais foram manejadas com 63 dias após a emergência (DAE), no período de florescimento da crotalária e milheto, o guandu por seu crescimento mais lento apresentou reduzido acúmulo de massa seca; isso determinou o menor conteúdo por área, de nutriente nessa planta.

Kappes, Arf e Andrade (2013b) que também observaram maior quantidade de P em plantas de crotalária. Da mesma forma Gitti et al. (2012) observaram maior teor de P em plantas de crotalária e do consórcio milheto + crotalária, em relação ao de plantas de guandu. Torres, Pereira e Fabian (2008), com massa seca total de 3.900 kg $ha^{-1}$ para crotalária e 1.600 kg $ha^{-1}$ de guandu, observaram acúmulo de P na ordem de 10,80 e 5,20 kg $ha^{-1}$ para crotalária e guandu, respectivamente. Para o segundo ano, os tratamentos não influenciaram no acúmulo de P.

Em relação ao K acumulado nas coberturas vegetais (Tabela 6), para ambos os anos de pesquisa, observa-se a maior concentração desse nutriente no tratamento milheto + crotalária em relação ao do guandu, similarmente aos dados Gitti et al. (2012). Embora o tratamento

com crotalária tenha apresentado o menor teor de K na massa seca (Tabela 5), esse tratamento teve alto acúmulo de massa seca por área total (Figura 3), possibilitando o potencial de elevado conteúdo do nutriente na massa seca. Diferentemente do obtido nesse trabalho, Silva et al. (2010), pesquisando acúmulo de nutrientes em crotalária, milheto e consócio milheto + crotalária, observaram quantidade superior de K no milheto em relação as outras coberturas vegetais. Essa superioridade foi atribuída ao maior acumulo de massa seca (14.040 kg $ha^{-1}$) e teor de K no milheto (22,9 g $kg^{-1}$). Perin et al. (2010) não observaram diferença na quantidade acumulada de K em plantas de crotalária, milheto, no consórcio milheto + crotalária e no tratamento com vegetação espontânea.

**Tabela 6 –** Quantidade de nitrogênio acumulado ($N_{acumulado}$), fósforo acumulado ($P_{acumulado}$) e potássio acumulado ($K_{acumulado}$) em diferentes coberturas vegetais. Selvíria – MS, Brasil (Safras 2012/13 e 2013/14).

| Coberturas Vegetais | $N_{acumulado}$ | | $P_{acumulado}$ | | $K_{acumulado}$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ----------kg $ha^{-1}$---------- | | | | | |
| | 12/13 | 13/14 | 12/13 | 13/14 | 12/13 | 13/14 |
| Crotalária | 123,82 a | 109,01 ab | 17,50 a | 14,19 | 123,93 ab | 83,29 ab |
| Guandu | 81,89 b | 93,52 ab | 13,68 b | 12,05 | 104,15 b | 61,52 b |
| Milheto | 85,27 b | 72,31 ab | 14,54 ab | 10,28 | 146,27 ab | 94,37 ab |
| Milheto + Crotalária | 121,00 a | 110,51 a | 17,12 ab | 14,82 | 159,55 a | 109,57 a |
| Milheto + Guandu | 108,21 ab | 75,09 ab | 15,58 ab | 12,69 | 132,64 ab | 98,02 ab |
| Pousio | 97,55 ab | 71,37 b | 14,02 ab | 12,40 | 150,76 ab | 81,60 ab |
| DMS | 35,24 | 38,41 | 3,49 | - | 53,20 | 37,53 |
| Valor de F[(1)] | 5,356** | 4,77** | 4,842** | $1,329^{ns}$ | 3,059* | 4,14** |
| CV (%) | 14,90 | 18,86 | 9,77 | 22,03 | 17,00 | 18,49 |
| Média Geral | 102,96 | 88,63 | 15,55 | 12,74 | 136,21 | 88,06 |

[(1)]Teste F: ** e * – significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente. Médias seguidas por mesma letra nas colunas não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey. CV – coeficiente de variação experimental
Fonte: Dados do próprio autor

O guandu, por apresentar menor massa seca acumulada (Figura 3), as quantidades de N, P e K acumulados nas plantas de guandu foram inferiores, devido ao tempo em que a planta de guandu teve para se desenvolver e acumular massa seca. Como o florescimento da crotalária e milheto ocorreu aos 63 DAE, para o primeiro ano e aos 60 DAE, para o segundo ano, foi realizado o manejo das mesmas, inclusive do tratamento com guandu. Por esse motivo, o guandu não expressou todo seu potencial em acumular massa seca e nutrientes. Em trabalho realizado por Calvo, Foloni e Brancalião (2010), com produção de massa seca de coberturas vegetais em três épocas de corte (30, 60 e 90 dias após a semeadura), verificaram que o maior acúmulo de massa seca para o guandu, foi aos 90 dias após a semeadura (DAS), assim como para o sorgo e o consorcio guandu + sorgo.

Segundo Dalal (1980), Wijnberg e Whiteman (1985) o guandu possui característica de acumular a maior parte da massa seca e dos nutrientes na fase compreendida entre o florescimento e a maturação da planta. Por esse motivo, o manejo deveria ser efetuado em pleno florescimento ao início da formação das vagens (CARVALHO; AMABILE, 2006).

## 4.2 Avaliações no milho

### *4.2.1 População inicial e população final*

A população inicial de plantas (PIP) (Tabela 7) foi influenciada pelas coberturas vegetais no primeiro ano com o tratamento com guandu a maior média, diferindo do tratamento com milheto e milheto + guandu, possibilitou maior população inicial em relação aos tratamentos com milheto e milheto + guandu. Provavelmente, isso ocorreu por o milheto apresentar maior teor de celulose e hemicelulose (que são reconhecidamente componentes dos resíduos vegetais de menor taxa de degradação (COBO et al., 2002; JENSEN et al., 2005)) quando comparado ao guandu. Weiler (2012) verificou maior teor de celulose e hemicelulose para o milheto (374 e 277 g $kg^{-1}$) e menor teor para as leguminosas, sendo o guandu-anão com 370 e 147 g $kg^{-1}$. Os maiores teores de celulose e hemicelulose proporcionam maior resistência aos resíduos de milheto, quanto ao corte do disco da semeadora, interferindo na má distribuição das sementes. Aliado a isso, o guandu também apresentou menor massa seca acumulada, o que ocasiona o melhor corte da palhada pelos discos e, consequentemente, melhor contato da semente com o solo e distribuição no sulco.

De acordo com Silva et al. (2012) os maiores valores médios de profundidade de penetração dos discos da semeadora-adubadora foram obtidos para a cobertura da nabiça seguida do triticale, aveia preta, milho e sorgo. Esses resultados podem ser explicados em razão da menor quantidade de massa seca da nabiça, facilitando a penetração dos discos no solo; os menores valores obtidos na cobertura com sorgo se devem à dificuldade de corte da palha por este ser muito fibrosa e resistente. Santos et al. (2010) observaram que quantidades elevadas de palhada podem prejudicar a operação de semeadura por interferir na profundidade de sulcamento, podendo afetar a germinação da cultura.

Quanto a população final de plantas (Tabela 7) nota-se que a inoculação no primeiro ano agrícola proporcionou decréscimo na população final. Essa queda pode ser atribuída à aderência do inoculante de natureza turfosa na semente, causando maior espessamento e, consequentemente, má distribuição pelo disco da semeadora pneumática de distribuição a

vácuo, corroborando com os dados obtidos por Kaneko (2013). Também, Novakowiski et al. (2011) trabalhando com inoculação de sementes com Azospirillum via turfa, observaram menor população final de plantas quando comparada ao tratamento controle.

**Tabela 7 -** Valores médios de população inicial (PIP) e população final (PFP) de plantas, em função da inoculação com *Azospirillum brasilense*, coberturas vegetais e doses de N em cobertura na cultura do milho. Selvíria – MS, Brasil (Safras 2012/13 e 2013/14).

| Tratamentos | | PIP | | PFP | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | plantas ha$^{-1}$ | | | |
| | | 2012/13 | 2013/14 | 2012/13 | 2013/14 |
| **Inoculação (I)** | | | | | |
| Com | | 55.870 | 65.027 | 48.900 b | 59.555 |
| Sem | | 57.008 | 65.104 | 50.772 a | 59.536 |
| DMS | | - | - | 1161 | - |
| **Coberturas Vegetais (C)** | | | | | |
| Crotalária | | 56.424 ab | 64.583 | 50.115 | 59.838 |
| Guandu | | 59.198 a | 64.930 | 51.909 | 58.931 |
| Milheto | | 54.958 b | 65.104 | 48.784 | 58.681 |
| Milheto + Crotalária | | 56.151 ab | 64.757 | 49.826 | 60.011 |
| Milheto + Guandu | | 55.748 b | 65.220 | 50.636 | 59.336 |
| Pousio | | 56.154 ab | 65.799 | 47.743 | 60.475 |
| DMS | | 3312 | - | - | - |
| **Doses de N (D)** | | | | | |
| 0 kg ha$^{-1}$ | | - | - | 50.849 | 59.079 |
| 40 kg ha$^{-1}$ | | - | - | 49.691 | 60.288 |
| 80 kg ha$^{-1}$ | | - | - | 49.498 | 59.581 |
| 120 kg ha$^{-1}$ | | - | - | 49.305 | 59.234 |
| Valor de F$^{(1)}$ | I | 3,24 | 0,01 | 10,14** | 0,00 |
| | C | 3,49* | 0,21 | 4,06** | 0,82 |
| | D | - | - | 1,39 | 0,76 |
| | I*C | 1,77 | 1,60 | 1,99 | 0,94 |
| | I*D | - | - | 1,38 | 0,89 |
| | C*D | - | - | 2,67** | 1,05 |
| CV (%) | | 3,88 | 4,06 | 8,17 | 7,19 |
| MÉDIA GERAL | | 56.439 | 65.066 | 49.836 | 59.545 |

$^{(1)}$Teste F: ** e * – significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente. Médias seguidas por mesma letra nas colunas não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey. CV – coeficiente de variação experimental.
Fonte: Dados do próprio autor

Em relação às coberturas vegetais e as doses de N, para o primeiro ano, houve interação para população final de plantas. Pelo desdobramento (Tabela 8), analisando coberturas dentro de doses, na dose de 40 kg ha$^{-1}$ destacou o guandu com a maior população de plantas diferindo apenas do pousio. No tratamento pousio, houve predominância de plantas de U*rochloa ruziziensis*, as quais apresentam alta relação C/N e pode ter ocorrido que essa dose de N aplicada foi parcialmente consumida pelas bactérias mineralizadoras do solo para degradar o carbono da sua constituição e, por consequência, diminuiu a disponibilidade desse

nutriente as plantas, fazendo com que essas não se desenvolvam e sequem. Em material com relação C/N maior que 20/1, característica da maioria das gramíneas, há maior imobilização de N para sua decomposição (ALVARENGA et al., 2001). Fato esse não ocorreu no guandu, que apresenta menor relação C/N. Menezes e Leandro (2004) observaram valor de relação C/N em *Urochloa ruziziensis* de 40,76, enquanto que Weiler (2012) observou valor de 21,7 para guandu-anão.

**Tabela 8 -** Desdobramento da interação entre coberturas vegetais e doses de nitrogênio em cobertura para população final de plantas de milho. Selvíria – MS, Brasil (2012/13).

| **Coberturas Vegetais** | **Doses de N (kg ha$^{-1}$)** | | | |
|---|---|---|---|---|
| | **0** | **40** | **80** | **120** |
| | **População final (plantas ha$^{-1}$)** | | | |
| Crotalária | 52.315 | 49.306 ab | 50.463 a | 48.380 |
| Guandu [(1)] | 51.620 | 53.704 a | 54.167 a | 48.148 |
| Milheto | 49.769 | 49.074 ab | 48.380 ab | 47.917 |
| Milheto + Crotalária | 49.306 | 47.917 ab | 52.315 a | 49.769 |
| Milheto + Guandu | 51.620 | 51.157 ab | 49.074 a | 50.694 |
| Pousio [(2)] | 50.463 | 46.991 b | 42.593 b | 50.926 |
| DMS | Coberturas dentro de Doses: 5.883,42 | | | |

DMS - diferença mínima significativa. Médias seguidas por mesma letra nas colunas não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ** – significativo a 1% de probabilidade. [(1)] $Y= -1,266x^2 + 127,025x + 51377$ $R^2= 0,95$**; [(2)] $Y= 1,845x^2 - 228,877x + 51145$ $R^2= 0,79$**
Fonte: Dados do próprio autor

Na dose de 80 kg ha$^{-1}$ o pousio apresentou a menor população final de plantas, no entanto não diferiu significativamente do milheto. Os dados demonstram que a dose de 80 kg ha$^{-1}$ seguiu a mesma tendência que a dose de 40 kg ha$^{-1}$.

Observando o desdobramento de doses dentro de coberturas, para população final de plantas de milho em sucessão ao guandu, as doses se ajustaram a um modelo quadrático com ponto de máxima população de plantas na dose de 50 kg ha$^{-1}$ de N. Para o pousio, as doses também se ajustaram a modelo quadrático, com ponto de mínimo na dose de 62 kg ha$^{-1}$ de N.

A população final de plantas do segundo ano não foi influenciada por nenhum dos tratamentos. Pode-se ressaltar a superioridade da população final de plantas para o segundo ano, com valor de aproximadamente 20% de plantas a mais, em relação ao primeiro ano. Esta superioridade na população final de plantas indica claramente o potencial para superar a produtividade do primeiro ano.

### *4.2.2 Massa seca de plantas e massa seca acumulada*

A inoculação com *Azospirillum brasilense* não interferiu na massa seca de plantas e acumulada, de forma isolada para ambos os anos (Tabela 9). Houve efeito das coberturas vegetais, onde destacou, para o primeiro ano, o pousio com a maior massa seca, obtendo valor de 123,38 g planta$^{-1}$, no entanto, não diferiu dos tratamentos com crotalária e milheto + guandu, apresentando 118,69 e 118,58 g planta$^{-1}$, respectivamente. Observa-se que a massa seca de plantas está atrelada à população final, mesmo de forma numérica, onde maior população condiz com menor massa seca e menor população reflete em maior massa seca. Essa relação entre população final e massa seca, está no simples fato de que as plantas de forma geral tem maior desenvolvimento quando são impostas a menor competição intraespecífica e vice-versa, dessa maneira, possibilita maior acúmulo de massa seca. Dourado Neto et al. (2003), trabalhando com três genótipos de milho (AG 1051, AG 7575 e DKB 911), dois espaçamentos entre linhas (0,40 e 0,80 m) e três populações de plantas (30, 60 e 90 mil plantas ha$^{-1}$), observaram que independente do genótipo e do espaçamento, de forma geral, houve diminuição da massa seca de raiz, de parte aérea e total, com o aumento da população de plantas de 60 para 90 mil plantas ha$^{-1}$.

Sangoi et al. (2005), trabalhando com cinco populações de plantas de milho, variando entre 25 mil à 125 mil plantas ha$^{-1}$, verificaram que o incremento na população diminui a massa seca acumulada diária pela parte aérea da planta. Neste sentido, os autores citam que o ganho diário de massa seca com população de 125 mil plantas ha$^{-1}$ equivaleu a 26,7% dos valores observados na menor população utilizada no trabalho.

Houve interação entre inoculação e doses de N para massa seca de plantas para o primeiro ano. Pelo desdobramento de inoculação dentro de doses (Tabela 10), ocorreu efeito apenas na dose de 40 kg ha$^{-1}$, onde a presença de inoculação apresentou resultado negativo, com decréscimo de 7,1% na massa seca das plantas de milho. Diferentemente dos dados obtidos por Pinto Junior et al. (2012), que testando dez tratamentos com estirpes de *Azospirillum brasilense* e doses de N, observou que o tratamento que se destacou foi com inoculação das estirpes Ab-V5 + Ab-V6 + 60 Kg ha $^{-1}$ de N, com acréscimos em relação ao da testemunha em 103,82% para matéria seca de caule, 65,11% na matéria seca de folha e 80,36% na matéria seca total de plantas de milho. Ferreira et al. (2013) verificaram que no solo argiloso, os valores de massa seca de planta foram maiores nos tratamentos que incluem *Azospirillum brasilense*, sem adição extra de nutrientes.

Quanto ao desdobramento de doses dentro de inoculação, observa-se que na presença de inoculação, a massa seca ajustou-se a modelo linear a 1% de significância e com

coeficiente de determinação de 0,51. Esse coeficiente é considerado baixo, indicando que esse modelo explica apenas 51% dos dados obtidos.

**Tabela 9 -** Valores médios de massa seca de parte aérea por planta (MSP) massa seca acumulada (MSA) em função da inoculação com *Azospirillum brasilense*, coberturas vegetais e doses de N em cobertura na cultura do milho no estádio $R_1$. Selvíria – MS, Brasil (Safras 2012/13 e 2013/14).

| Tratamentos | | MSP | | MSA | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | g planta$^{-1}$ | | kg ha$^{-1}$ | |
| | | 2012/13 | 2013/14 | 2012/13 | 2013/14 |
| **Inoculação (I)** | | | | | |
| Com | | 117,42 | 93,91 | 5.789 | 5.597 |
| Sem | | 116,64 | 96,67 | 5.843 | 5.753 |
| DMS | | - | - | - | - |
| **Coberturas Vegetais (C)** | | | | | |
| Crotalária | | 118,69 ab | 100,14 a | 5.798 | 5.985 a |
| Guandu | | 113,32 b | 94,59 ab | 6.044 | 5.594 ab |
| Milheto | | 114,28 b | 94,34 ab | 5.712 | 5.529 ab |
| Milheto + Crotalária | | 113,94 b | 99,08 a | 5.705 | 5.930 a |
| Milheto + Guandu | | 118,58 ab | 87,70 b | 5.840 | 5.207 b |
| Pousio | | 123,38 a | 95,87 ab | 5.798 | 5.806 ab |
| DMS | | 8,75 | 10,15 | - | 676,12 |
| **Doses de N (D)** | | | | | |
| 0 kg ha$^{-1}$ | | 110,88 | 88,22 | 5.896 | 5.212 |
| 40 kg ha$^{-1}$ | | 116,24 | 94,45 | 5.637 | 5.677 |
| 80 kg ha$^{-1}$ | | 121,94 | 100,83 | 5.912 | 6.008 |
| 120 kg ha$^{-1}$ | | 119,06 | 97,67 | 5.820 | 5.805 |
| Valor de F[(1)] | I | 0,2 | 1,84 | 0,21 | 1,34 |
| | C | 3,33** | 3,16** | 0,72 | 3,11** |
| | D | 7,29** | 7,05** | 1,12 | 6,25** |
| | I*C | 0,56 | 1,46 | 0,64 | 0,97 |
| | I*D | 3,14* | 0,85 | 0,28 | 0,77 |
| | C*D | 1,37 | 0,64 | 1,40 | 0,87 |
| CV (%) | | 10,34 | 14,74 | 14,2 | 16,49 |
| MÉDIA GERAL | | 117,03 | 95,28 | 5816 | 5675 |

[(1)]Teste F: ** e * – significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente. Médias seguidas por mesma letra nas colunas não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey. CV – coeficiente de variação experimental.
Fonte: Dados do próprio autor

Usualmente, a inoculação com *Azospirillum brasilense* proporciona incremento de massa seca, principalmente se a associação for entre bactéria e genótipos não melhorados e em condições de baixa disponibilidade de N (OKON; VANDERLEYDEN, 1997), diferentemente do dado obtido. Repke et al. (2013), trabalhando com inoculação com Azospirillum brasilense e doses de nitrogênio, concluíram que a aplicação da bactéria

diazotrófica via sementes, acompanhada ou não de doses de N sintético, não interfere no desenvolvimento de plantas de milho.

**Tabela 10 -** Desdobramento da interação entre inoculação e doses de nitrogênio em cobertura para massa seca de parte aérea de plantas de milho. Selvíria – MS, Brasil (2012/13).

| Inoculação | Doses de N (kg ha$^{-1}$) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 0 | 40 | 80 | 120 |
| | Massa seca de planta (g planta$^{-1}$) | | | |
| Com (1) | 112,62 a | 112,26 b | 125,12 a | 119,68 a |
| Sem (2) | 109,13 a | 120,22 a | 118,76 a | 118,45 a |
| DMS | Inoculação dentro de Doses: 6,909 | | | |

DMS - diferença mínima significativa. Médias seguidas por mesma letra nas colunas não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ** e * – significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente. (1) Y= 0,085x+112,314 $R^2$= 0,51**; (2) Y= -0,002$x^2$+0,280x+109,82 $R^2$= 0,88*
Fonte: Dados do próprio autor

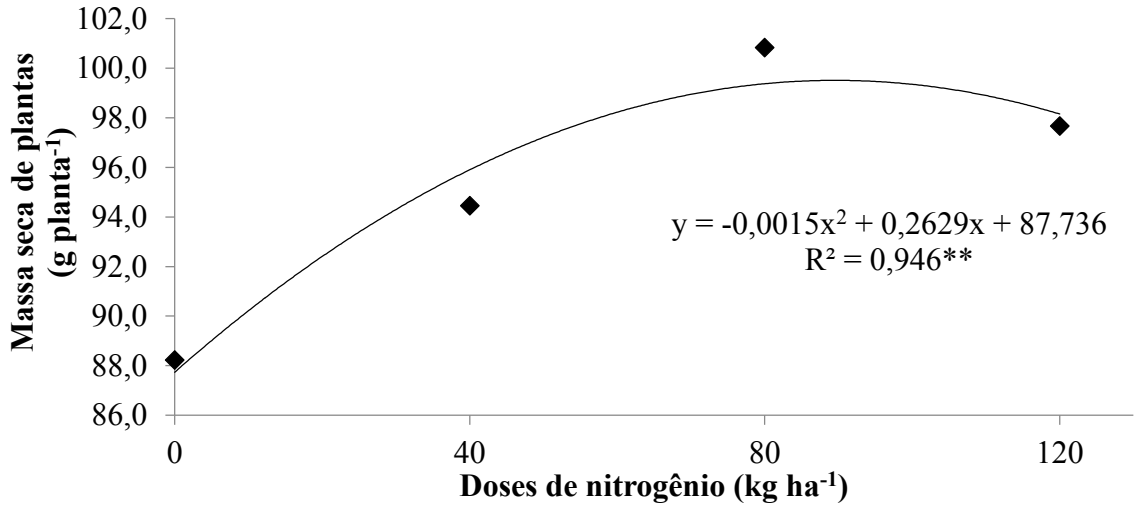
Na ausência de inoculação, as doses se ajustaram a um modelo quadrático, com coeficiente de determinação 0,88. A equação apresenta ponto de máximo valor para massa seca com a dose de 70 kg ha$^{-1}$ de N. Repke et al. (2013) testando cinco doses de N no milho (0, 50, 100, 150 e 200 kg ha$^{-1}$), observaram ajustes quadráticos para acúmulo de massa seca das folhas, onde, de acordo com a equação, o máximo acúmulo de massa seca ocorreu com 170 kg ha$^{-1}$, em avaliação realizada aos 40 DAE. Kappes, Arf e Andrade (2013a) observaram que o incremento na dose de N proporcionou aumento linear da massa seca de parte aérea por planta, demonstrando a eficiência do genótipo utilizado em assimilar o nutriente absorvido e a formação de biomassa. Os autores citam que o maior valor de massa seca de parte aérea, obtido com a aplicação de 120 kg ha$^{-1}$ de N, representou em relação à ausência da aplicação do nutriente em cobertura, incremento de 15% na biomassa. A planta tem o chamado "consumo de luxo", onde absorve maior quantidade de N que o necessário, no entanto, não necessariamente traduz em maior massa seca.

Em relação à massa seca de plantas (MSP) para o segundo ano (Tabela 9), quanto às coberturas vegetais, destacou a crotalária e o milheto + crotalária com as maiores médias, diferenciando-se apenas do tratamento milheto + guandu. Como a população final de plantas não foi influenciada pelas coberturas vegetais, a maior massa seca por planta de milho, foi devido a maior quantidade de nutrientes disponíveis para as plantas, provenientes das coberturas vegetais. Como visto anteriormente, o milheto + crotalária apresentou maior acumulo de N e K, o qual refletiu em maior massa seca por planta de milho. Assim como a crotalária, que, mesmo apresentando menor quantidade de nutrientes em relação ao milheto +

crotalária, pôde disponibilizar os nutrientes de forma mais rápida, pelo fato de obter menor relação C/N em sua constituição. Os tratamentos com milheto + crotalária e crotalária, apresentaram massa seca acumulada de 8.288 kg $ha^{-1}$ e 7.699 kg $ha^{-1}$, respectivamente. Já o tratamento com milheto + guandu, obteve massa seca acumulada de 6.712 kg $ha^{-1}$, ou seja, o milheto + crotalária obteve incremento de 23,5% em massa seca e a crotalária, obteve incremento de 14,7%. Mesmo que as quantidades de massa seca acumulada e nutrientes sejam semelhantes estatisticamente, esses incrementos de palhada sob o tratamento milheto + guandu, pode ter efeito positivo sob outros aspectos, ligados a melhoria das condições de desenvolvimento das plantas. A manutenção de resíduos vegetais na superfície do solo diminui as variações de temperatura e de umidade do solo, o que favorece a fauna responsável pela abertura de canais contínuos, pelos quais pode ocorrer movimentação física do calcário aplicado Oliveira e Pavan (1996), bem como o melhor desenvolvimento de raízes em profundidade e, consequentemente, maior MSP.

Houve resposta quadrática da MSP em relação às doses de N (Figura 4), onde destacou a dose de 88 kg $ha^{-1}$ de N, com a maior MSP (99 g $planta^{-1}$). Da mesma forma, Kaneko (2013), testando cinco doses de N (0, 45, 90, 135 e 180 kg $ha^{-1}$), na mesma região do presente estudo, observaram maior MSP de milho com a dose de 83 kg $ha^{-1}$. Deferentemente, Araújo, Ferreira e Cruz (2004), trabalhando com doses de 0, 60, 120, 180 e 240 kg $ha^{-1}$ de N, concluíram que a massa seca da parte aérea da planta de milho aumentou com a elevação das doses de nitrogênio.

**Figura 4 –** Massa seca de plantas em função de dose de nitrogênio em cobertura na cultura do milho. Selvíria – MS, Brasil (2013/14). Teste F: ** – significativo a 1% de probabilidade.



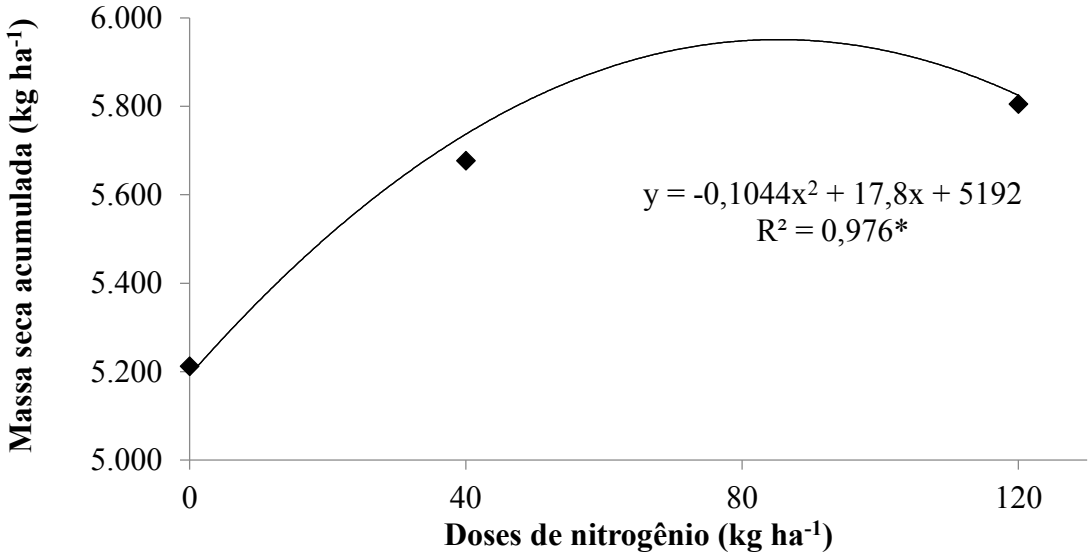

Fonte: Dados do próprio autor

A inoculação, as plantas de cobertura e as doses de N aplicadas em cobertura no milho não influenciaram os valores médios de massa seca acumulada (MAS) da parte aérea, em relação ao primeiro ano agrícola. Segundo Bertin, Andrioli e Centurion (2005), ao avaliar coberturas vegetais em pré-safra do milho em plantio direto, verificaram que a massa seca de milho acumulada não apresentou diferença significativa com nenhum dos tratamentos submetidos.

Para o segundo ano, a MSA seguiu a tendência da massa seca por planta, sendo, portanto, valida a mesma explicação.

A MSA de milho respondeu de forma quadrática com o aumento das doses de N em cobertura (Figura 5). O maior acúmulo de massa seca (5.951 kg $ha^{-1}$) ocorreu com a dose de 85 kg $ha^{-1}$ de N. Esse resultado era esperado, pois, seguiu a tendência da MSP e, como a PFP não apresentou diferença, o tratamento com maior MSP refletiu na maior MSA.

**Figura 5 –** Massa seca acumulada em função de dose de nitrogênio em cobertura na cultura do milho. Selvíria – MS, Brasil (2013/14). Teste F: ** – significativo a 1% de probabilidade.




Fonte: Dados do próprio autor

De acordo com Kappes, Arf e Andrade (2013a), pesquisando coberturas vegetais, manejo do solo e doses de N, observou que o aumento na dose de N resultou em incremento linear da produção de massa acumulada. Os autores constataram mediante equação de regressão, que para cada kg $ha^{-1}$ de N aplicado em cobertura, houve acréscimo de 5,2 kg $ha^{-1}$ na massa seca acumulada. Carvalho, Von Pinho e Davide (2011), avaliando desempenho de genótipos de milho quanto à eficiência da adubação nitrogenada, verificaram que a maioria

deles apresentou incremento na MSA quando se alterou a dose de 40 para 160 kg $ha^{-1}$ de N em cobertura. Andrioli et al. (2008), trabalhando com coberturas vegetais e doses de N em cobertura, observaram resposta quadrática com as doses de N, para os tratamentos com *Brachiaria brizantha* + lab-lab, milheto e crotalária, com ponto de máximo nas doses de 99 kg $ha^{-1}$, 77 kg $ha^{-1}$ e 78 kg $ha^{-1}$, respectivamente.

### *4.2.3 Teor de nitrogênio e índice de clorofila foliar*

Quanto ao teor de N foliar (Tabela 11) ocorreu a interação entre inoculação e coberturas vegetais. Pelo desdobramento de inoculação dentro de coberturas (Tabela 12), para o primeiro ano agrícola, nota-se que na presença da inoculação, o milheto foi influenciado de forma negativa, e os tratamentos milheto + crotalária e milheto + guandu proporcionaram acréscimos de teor de N foliar.

Pode ser que, para o milheto, que é uma poácea de alta relação C/N, houve imobilização de N na fase inicial de decomposição da palhada e, no momento da avaliação desse parâmetro (por ocasião do florescimento) o N que estava sendo disponibilizado ao milho, pode ter sido parcialmente consumido pelas bactérias de *Azospirillum brasilense* ou inibido as mesmas a fixarem o $N_2$ atmosférico, refletindo em menor teor de N foliar. Fato esse não ocorrido com milheto + crotalária e milheto + guandu, principalmente por haver o consórcio com leguminosas. Soratto et al. (2012) ao trabalhar com taxa de decomposição de milheto, crotalária e consórcio, verificaram que no tratamento com milheto, 50% do N acumulado foi liberado até os 20 dias após o manejo (DAM), para a crotalária, 50% do N foi liberado até os 31 DAM e, para o consórcio, foi liberado até os 30 DAM. Lembrando que os autores realizaram apenas o manejo químico das coberturas. Ferrari Neto et al. (2012) verificaram que até os 50 DAM, pouco mais de 60% do N acumulado no consórcio milheto + guandu, foi disponibilizado ao solo. Nesse trabalho, os autores utilizaram o manejo químico e mecânico das coberturas. Gitti et al. (2012), nas mesmas condições do presente trabalho, também observaram interação entre coberturas vegetais e inoculação, verificaram menor teor de N nas folhas de arroz de terras altas cultivado em sucessão a crotalária quando houve inoculação com *Azospirillum brasilense*.

Observando coberturas dentro de inoculação, verifica-se que a presença de inoculação apresenta diferença estatística entre o tratamento com guandu e milheto + guandu, onde tiveram 29,25 g $kg^{-1}$ e 31,67 g $kg^{-1}$, para menor e maior média de N foliar, respectivamente. Na ausência de inoculação, destacou o tratamento com milheto com a maior média, diferindo

significativamente dos tratamentos com guandu e milheto + crotalária, com os menores. Uma possível explicação para que o milheto expressasse a maior média para N foliar na ausência de inoculação, seria devido a maior disponibilidade de N para as plantas de milho próximo do período de florescimento, porque na fase inicial de decomposição da palhada de milheto, pode ter ocorrido imobilização de N pelas bactérias mineralizadoras do solo. Gitti et al. (2012) observaram resultados divergentes com os dessa pesquisa, onde, na ausência de inoculação, destacou o tratamento com crotalária com o maior valor e, o tratamento milheto + guandu com o menor teor de N foliar em arroz de terras altas irrigado por aspersão.

**Tabela 11 -** Valores médios de teor de nitrogênio foliar (NF) e índice de clorofila foliar em função da inoculação com Azospirillum brasilense, coberturas vegetais e doses de N em cobertura na cultura do milho. Selvíria – MS, Brasil (Safras 2012/13 e 2013/14).

| Tratamentos | | $N_{foliar}$ | | $IC_{foliar}$ | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | ----------g $kg^{-1}$---------- | | | |
| | | 2012/13 | 2013/14 | 2012/13 | 2013/14 |
| **Inoculação (I)** | | | | | |
| Com | | 30,23 | 24,39 | 61,82 | 48,06 a |
| Sem | | 29,83 | 23,94 | 60,66 | 47,01 b |
| DMS | | - | - | - | |
| **Coberturas Vegetais (C)** | | | | | |
| Crotalária | | 30,04 | 24,97 | 61,13 | 48,45 |
| Guandu | | 29,25 | 24,68 | 60,71 | 49,44 |
| Milheto | | 30,95 | 23,09 | 62,36 | 44,90 |
| Milheto + Crotalária | | 28,79 | 24,60 | 63,11 | 48,98 |
| Milheto + Guandu | | 30,69 | 23,88 | 61,52 | 47,07 |
| Pousio | | 30,47 | 23,78 | 58,61 | 46,35 |
| DMS | | - | - | - | - |
| **Doses de N (D)** | | | | | |
| 0 kg $ha^{-1}$ | | 28,82 | 22,07 | 58,02 | 42,33 |
| 40 kg $ha^{-1}$ | | 29,55 | 24,00 | 60,70 | 47,45 |
| 80 kg $ha^{-1}$ | | 30,76 | 24,75 | 62,12 | 49,73 |
| 120 kg $ha^{-1}$ | | 31,00 | 25,84 | 64,12 | 50,63 |
| Valor de F[(1)] | I | 1,41 | 5,98* | 3,53 | 4,10* |
| | C | 4,38** | 9,86** | 4,20** | 7,54** |
| | D | 9,49** | 74,66** | 17,22** | 51,76** |
| | I*C | 3,76** | 3,50** | 2,81* | 1,60 |
| | I*D | 3,19* | 1,71 | 0,34 | 0,95 |
| | C*D | 2,61** | 3,32** | 1,93* | 1,99* |
| CV (%) | | 7,68 | 4,56 | 6,05 | 6,53 |
| MÉDIA GERAL | | 30,03 | 24,17 | 61,24 | 47,53 |

[(1)]Teste F: ** e * – significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente. Médias seguidas por mesma letra nas colunas não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey. CV – coeficiente de variação experimental.
Fonte: Dados do próprio autor

O desdobramento entre coberturas vegetais e inoculação, para o segundo ano (Tabela 12), destaca, em inoculação dentro de coberturas, o guandu e o milheto, onde, na presença de

inoculação, apresentaram maiores teores foliares de N. Plantas de guandu apresentam baixa relação C/N, fazendo com que estas sejam decompostas rapidamente pela microbiota do solo e posteriormente, liberando os nutrientes para o solo. No momento da determinação do teor de N foliar ($R_1$), o milho já metabolizou a maior parte do N liberado ao solo, possibilitando a bactéria expressar seus benefícios pela fixação de N. Em relação ao milheto, nota-se que ocorreu aumento na massa seca acumulada (Figura 3), no entanto, diminuiu o acúmulo de N por essa planta (Tabela 6). Provavelmente, isso promoveu aumento na relação C/N dessa cobertura vegetal, o qual dificultou sua decomposição e, consequentemente, a liberação de N. A liberação do N foi ocorrendo de forma lenta, criando, assim, condições propícias para que a bactéria fixasse o $N_2$ e beneficiasse o milho. Torres et al. (2005), observaram relação C/N de 21,7 para milheto e 11,3 para guandu, assim, concluíram que o guandu apresentou maior velocidade de decomposição quando comparada ao milheto. Da mesma forma, Calvo, Foloni e Brancalião (2010) descreveram relação C/N de 24 e 35, para o guandu e milheto, respectivamente.

**Tabela 12 -** Desdobramento da interação entre inoculação e coberturas vegetais para teor de N foliar em plantas de milho. Selvíria – MS, Brasil (2012/13).

| Inoculação | Coberturas Vegetais | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Crotalária | Guandu | Milheto | Milh+Crot | Milh+Guan | Pousio |
| | | | 2012/13 | | | |
| | | | N foliar (g kg$^{-1}$) | | | |
| Com | 29,80 a AB | 29,25 a B | 30,00 b AB | 29,96 a AB | 31,67 a A | 30,69 a AB |
| Sem | 30,28 a AB | 29,25 a BC | 31,91 a A | 27,61 b C | 29,71 b ABC | 30,25 a AB |
| | | | 2013/14 | | | |
| | | | N foliar (g kg$^{-1}$) | | | |
| Com | 25,40 a A | 25,38 a A | 23,66 a B | 24,22 a AB | 24,05 a B | 23,63 a B |
| Sem | 24,54 a A | 23,99 b A | 22,52 b B | 24,97 a A | 23,70 a AB | 23,92 a A |

DMS - diferença mínima significativa. Médias seguidas por mesma letra, minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.
Fonte: Dados do próprio autor

Analisando coberturas vegetais dentro de inoculação (Tabela 12), observa-se que na presença de inoculação, os tratamentos com crotalária e guandu destacam-se positivamente dos tratamentos com milheto, milheto + guandu e pousio. Esse resultado se deve, principalmente pelo elevado acúmulo de N, a elevada taxa de decomposição da crotalária e do guandu e aliada aos benefícios da fixação pelo *Azospirillum brasilense*, quando comparado aos outros tratamentos. Na ausência de inoculação, destacou os tratamentos com crotalária, guandu, milheto + crotalária e pousio, com as maiores médias de teor de N foliar, em

comparação ao tratamento com milheto. Nesse caso, o tratamento com milheto foi pouco expressivo, pela sua lenta taxa de decomposição e menor teor de N em sua constituição.

Os teores de N foliar em plantas de milho estão dentro da faixa ideal, para o primeiro ano agrícola, segundo Malavolta, Vitti e Oliveira (1997) e Raij et al. (1996) variam de 27,5 a 32,5 g de N $kg^{-1}$ e de 27 a 35 g de N $kg^{-1}$.

Houve interação entre inoculação e doses de N para o teor de N foliar no primeiro ano. De acordo com o desdobramento (Tabela 13), observando inoculação dentro de doses, apresentou diferença significativa para as doses de 0 kg $ha^{-1}$ e 40 kg $ha^{-1}$, onde em ambas as doses a presença da inoculação favoreceu o maior teor de N foliar. Nesse caso, até a dose de 40 kg $ha^{-1}$ de N, as bactérias promoveram aumento no teor de N foliar, quantidades superiores podem ter inibido os possíveis efeitos benéficos das bactérias. Hungria (2011), em trabalho com plantas de milho inoculadas, salienta que, nos tratamentos que receberam 100% de N na forma mineral de ureia, o efeito da inoculação com Azospirillum foi em geral anulado. Segundo Kaneko (2013), em experimento com inoculação, doses e fontes de N em milho "primeira safra" em Chapadão do Sul – MS observou que as parcelas sem inoculação apresentaram maior teor de N foliar que as áreas inoculadas com *Azospirillum brasilense.* O autor atribui isso ao veranico que afetou a cultura na fase vegetativa, propiciando ambiente desfavorável para a fixação do $N_2$, podendo ocorrer competição entre as bactérias e plantas de milho pelo N disponível no solo.

**Tabela 13 -** Desdobramento da interação entre inoculação e doses de nitrogênio em cobertura para teor de N foliar em plantas de milho. Selvíria – MS, Brasil (2012/13).

| **Inoculação** | **Doses de N (kg $ha^{-1}$)** | | | |
|---|---|---|---|---|
| | **0** | **40** | **80** | **120** |
| | **N foliar (g $kg^{-1}$)** | | | |
| Com | 29,51 a | 30,26 a | 30,31 a | 30,84 a |
| Sem [(1)] | 28,14 b | 28,83 b | 31,21 a | 31,16 a |
| DMS | Inoculação dentro de Doses: 1,316 | | | |

DMS - diferença mínima significativa. Médias seguidas por mesma letra nas colunas não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ** – significativo a 1% de probabilidade. [(1)] Y= 0,029x+28,116 $R^2$= 0,87**
Fonte: Dados do próprio autor

Observando doses dentro de inoculação, verifica-se que houve diferença na ausência da bactéria, onde, com o aumento da dose de N, aumenta de forma linear o teor de N foliar, o que vem ao encontro com os dados obtidos por Kaneko (2013) em experimento com milho "primeira safra" em Selvíria – MS. Assim como Nascimento et al (2012), trabalhando com doses de N na aveia antecedendo o milho (0, 20, 40 e 60 kg $ha^{-1}$) e no milho (60, 80, 100 e

120 kg ha$^{-1}$), verificaram que o teor de N foliar ajustou-se a equação linear positiva com o incremento de N no milho.

Ocorreu interação entre coberturas vegetais e doses de N para teor de N foliar nos dois anos agrícolas. O desdobramento (Tabela 14) indica, para o primeiro ano, que na dose de 40 kg ha$^{-1}$ de N, a crotalária e o milheto apresentaram maiores valores quando comparado apenas com milheto + crotalária. Na dose de 80 kg ha$^{-1}$ de N o milheto destacou-se com maior teor de N foliar diferindo do tratamento com crotalária e milheto + crotalária, os quais ficaram com os menores valores. Discordando com os dados obtidos por Leal et al. (2013), os quais relatam que o teor de N foliar em milho foi menor em sucessão ao milheto, associado a dose 0 e 90 kg ha$^{-1}$, na dose de 180 kg ha$^{-1}$ não houve diferença em relação a crotalária. Com a dose de 120 kg ha$^{-1}$ de N destacou o tratamento com milheto + guandu com primeiro lugar no ranking, a qual difere pela estatística do tratamento com guandu e pousio.

**Tabela 14 -** Desdobramento da interação entre coberturas vegetais e doses de nitrogênio em cobertura para teor de N foliar em plantas de milho. Selvíria – MS, Brasil (2012/13).

| **Coberturas Vegetais** | **Doses de N (kg ha$^{-1}$)** | | | |
|---|---|---|---|---|
| | **0** | **40** | **80** | **120** |
| | | **2012/13** | | |
| | | **N foliar (g kg$^{-1}$)** | | |
| Crotalária | 28,87 | 31,00 a | 28,60 c | 31,70 ab |
| Guandu | 29,44 | 28,73 ab | 30,06 abc | 28,76 b |
| Milheto (1) | 28,46 | 30,94 a | 32,84 a | 31,59 ab |
| Milheto + Crotalária (2) | 28,22 | 27,20 b | 29,24 bc | 30,49 ab |
| Milheto + Guandu (3) | 28,45 | 29,14 ab | 31,65 abc | 33,70 a |
| Pousio | 29,52 | 30,27 ab | 32,16 ab | 29,93 b |
| | | **2013/14** | | |
| | | **N foliar (g kg$^{-1}$)** | | |
| Crotalária (4) | 24,27 a | 24,55 | 24,54 ab | 26,53 |
| Guandu (5) | 23,19 a | 24,43 | 25,80 a | 25,32 |
| Milheto (6) | 20,40 c | 23,44 | 22,77 b | 25,76 |
| Milheto + Crotalária (7) | 22,79 ab | 24,19 | 25,10 a | 26,32 |
| Milheto + Guandu (8) | 21,12 bc | 23,82 | 25,03 a | 25,54 |
| Pousio (9) | 20,66 c | 23,60 | 25,28 a | 25,56 |

DMS - diferença mínima significativa. Médias seguidas por mesma letra nas colunas não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ** e * – significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente. (1) Y= -0,001x²+0,098x+28,327 R²= 0,97*; (2) Y= 0,022x+27,462 R²= 0,66*; (3) Y= 0,044x+28,026 R²= 0,96**; (4) Y= 0,017x + 23,959 R²=0,70**; (5) Y= 0,019x + 23,524 R²= 0,76**; (6) Y= 0,039x + 20,780 R²= 0,81**; (7) Y= 0,029x + 22,870 R²= 0,99**; (8) Y= -0,0003x² + 0,077x + 21,158 R²= 1*; (9) Y= -0,0004x² + 0,091x + 20,655 R²= 1**

Fonte: Dados do próprio autor

Observando doses de N dentro de coberturas vegetais, verifica-se no milheto, o teor de N foliar ajustou-se a um modelo quadrático com as doses de N, o qual apresenta ponto de máximo teor de N foliar na dose de 49 kg ha$^{-1}$ de N, ou seja, essa foi a dose máxima traduzida

em maior teor de N foliar. Silva et al. (2006c), trabalhando com milho em sucessão a crotalária, milheto e pousio e, cinco doses de N variando de 0 a 180 kg $ha^{-1}$, também observaram ajuste quadrático para doses em milho em sucessão a milheto, com ponto de máximo, na dose de 151 kg de N $ha^{-1}$. Para o milheto + crotalária e milheto + guandu as doses se ajustaram a um modelo linear, onde o aumento da dose de N aplicada em cobertura promoveu aumento do teor de N foliar. Silva et al. (2009) constataram que o milho cultivado em sucessão ao milheto e à *Crotalaria juncea* apresentou incremento linear no acúmulo de N na planta inteira, em resposta às doses do nutriente em cobertura, corroborando, em partes, com os resultados dessa pesquisa.

Com relação ao desdobramento da interação entre coberturas vegetais e doses de N (Tabela 14), para o segundo ano, observa-se que na dose de 0 kg $ha^{-1}$ os tratamentos com crotalária e guandu, proporcionaram teores foliares de N em milho superiores ao milheto, milheto + guandu e pousio. É interessante visualizar as influencias das coberturas vegetais, quando não se utilizou adubação de cobertura na cultura em sucessão (nesse caso, o milho), pois dessa maneira, pode-se atribuir os benefícios ou malefícios de cada uma em particular.

Observando os dados de quantidade de N acumulado nas coberturas vegetais (Tabela 6), percebe-se que os tratamentos com crotalária, guandu, milheto e milheto + guandu, não apresentaram diferença estatística entre si, no entanto, pelas diferenças de constituição de cada um, pode-se inferir que foram determinantes para o melhor desempenho em concentrar N nas folhas, pelos tratamentos com crotalária e guandu. Essas são espécies leguminosas que apresentam como características principais, a fixação de $N_2$ atmosférico e a baixa relação C/N, quando comparados às gramíneas.

Carvalho e Amabile (2006) justificam a preferência por leguminosas pela sua capacidade de fixação biológica de nitrogênio (FBN) através de associação simbiótica com bactérias do gênero *Rhizobium*, além de proporcionar liberação gradual do N com maior aproveitamento pela cultura associada ou subsequente. Já na dose de 80 kg $ha^{-1}$, o guandu, milheto + crotalária, milheto + guandu e o pousio, foram superiores ao tratamento com milheto. Provavelmente, essa inferioridade observada em milho em sucessão a milheto, pode ser atribuída ao consumo de N mineral pelas bactérias mineralizadoras do solo, que competem com a planta pelo N para mineralizar os resíduos do milheto, que apresentam elevada concentração de carbono. Normalmente as gramíneas, por sua maior relação C/N, permanecem por mais tempo no solo; no início de sua decomposição tende a causar maior imobilização de nitrogênio e, portanto, redução na sua disponibilidade para culturas em sucessão (TEIXEIRA et al., 2009)

Plantas de milho se desenvolvendo em sucessão aos resíduos de crotalária, guandu, milheto e milheto + crotalária, responderam de forma linear positiva com o aumento das doses de N. Os tratamentos com milheto + guandu e pousio, responderam de forma quadrática com as doses de N. Apresentou máximo valor de N foliar no milho, com as doses de 128 kg $ha^{-1}$ e 114 kg $ha^{-1}$, para milheto + guandu e pousio, respectivamente.

O índice de clorofila foliar (Tabela 11) apresentou interação entre inoculação e coberturas vegetais. O desdobramento (Tabela 15) indica que o milheto e o milheto + crotalária responderam de forma positiva quando na presença de inoculação. O índice de clorofila foliar está intimamente ligado ao teor de N, ou seja, o incremento de N foliar promove aumento no índice de clorofila. No entanto, ocorreu o inverso com o valor referente ao milheto. O N possui papel fundamental no metabolismo vegetal por participar diretamente na biossíntese de proteínas e de clorofilas (ANDRADE et al., 2003). Portanto, utiliza-se o índice de clorofila na folha para predizer o nível nutricional de N em plantas, pois a quantidade desse pigmento correlaciona-se positivamente com teor de N na planta (BOOIJ; VALENZUELA; AGUILERA, 2000).

**Tabela 15 -** Desdobramento da interação entre inoculação e coberturas vegetais para índice de clorofila foliar em plantas de milho. Selvíria – MS, Brasil (2012/13).

| Inoculação | Coberturas Vegetais | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **Crotalária** | **Guandu** | **Milheto** | **Milh+Crot** | **Milh+Guan** | **Pousio** |
| | | | **Índice de Clorofila foliar** | | | |
| Com | 60,48 a BC | 60,79 a BC | 64,21 a AB | 65,37 a A | 60,76 a BC | 59,32 a C |
| Sem | 61,78 a A | 60,63 a A | 60,51 b A | 60,84 b A | 62,29 a A | 57,91 a A |
| DMS | Coberturas dentro de Inoculação: 4,404<br>Inoculação dentro de Coberturas: 3,005 | | | | | |

DMS - diferença mínima significativa. Médias seguidas por mesma letra, minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.
Fonte: Dados do próprio autor

Na presença de inoculação, o tratamento milheto + crotalária foi superior quanto ao índice de clorofila foliar, em relação aos tratamentos com crotalária, guandu, milheto + guandu e pousio. Jordão et al. (2010) constataram efeito positivo da inoculação das sementes de milho com *Azospirillum brasilense*, no índice de clorofila foliar.

A interação entre coberturas vegetais e doses de N para índice de clorofila foliar no primeiro ano agrícola (Tabela 16), no tratamento sem N, o guandu foi superior ao milheto + guandu. Mesmo que de forma numérica, o teor de N para o guandu na dose 0 kg de N $ha^{-1}$ (Tabela 14) foi superior ao milheto + guandu, isso pode explicar em partes tal resultado. A

dose de 40 kg ha$^{-1}$ de N na cultura do milho revelou a superioridade do tratamento milheto + guandu comparado com o pousio.

O índice de clorofila nos tratamentos com crotalária, milheto, milheto + crotalária e o pousio responderam de forma linear crescente com o aumento da dose de N aplicadas em cobertura na cultura do milho. Assim como Kappes, Arf e Andrade (2013b) verificaram aumento no índice de clorofila com o incremento das doses de N em milho em sucessão a milheto, crotalária e o consórcio.

**Tabela 16 -** Desdobramento da interação entre coberturas vegetais e doses de nitrogênio em cobertura para índice de clorofila foliar em plantas de milho. Selvíria – MS, Brasil (Safras 2012/13 e 2013/14).

| Coberturas Vegetais | Doses de N (kg ha$^{-1}$) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 0 | 40 | 80 | 120 |
| | | 2012/13 | | |
| | | Índice de Clorofila Foliar | | |
| Crotalária (1) | 56,16 ab | 60,39 ab | 62,93 | 65,03 |
| Guandu | 61,28 a | 59,16 ab | 60,45 | 61,95 |
| Milheto (2) | 59,89 ab | 59,74 ab | 63,97 | 65,85 |
| Milheto + Crotalária (3) | 60,86 ab | 61,88 ab | 63,42 | 66,26 |
| Milheto + Guandu (4) | 54,75 b | 65,19 a | 63,07 | 63,08 |
| Pousio (5) | 55,20 ab | 57,83 b | 58,85 | 62,57 |
| | | 2013/14 | | |
| | | Índice de Clorofila Foliar | | |
| Crotalária (6) | 45,25 ab | 47,44 ab | 50,13 ab | 50,95 |
| Guandu (7) | 44,46 abc | 50,92 a | 52,89 a | 49,50 |
| Milheto (8) | 38,53 d | 44,32 b | 46,24 b | 50,53 |
| Milheto + Crotalária (9) | 45,64 a | 48,19 ab | 50,07 ab | 52,03 |
| Milheto + Guandu (10) | 40,39 bcd | 47,84 ab | 51,03 ab | 49,03 |
| Pousio (11) | 39,69 cd | 45,96 ab | 48,03 ab | 51,72 |

DMS - diferença mínima significativa. Médias seguidas por mesma letra nas colunas não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ** – significativo a 1% de probabilidade. (1) $Y= 0,073x+56,758$ $R^2= 0,97$**; (2) $Y= 0,055x+59,044$ $R^2= 0,88$**; (3) $Y= 0,044x+60,443$ $R^2= 0,95$**; (4) $Y= -0,002x^2+0,253x+55,49$ $R^2= 0,83$**; (5) $Y= 0,058x+55,139$ $R^2= 0,96$**; (6) $Y= 0,049x + 45,478$ $R^2= 0,96$**; (7) $Y= -0,002x^2 + 0,227x + 44,419$ $R^2= 1$**; (8) $Y= 0,095x + 39,216$ $R^2= 0,97$**; (9) $Y= 0,053x + 45,827$ $R^2= 0,99$**; (10) $Y= -0,001x^2 + 0,250x + 40,344$ $R^2= 1$**; (11) $Y= 0,095x + 40,622$ $R^2= 0,96$**

Fonte: Dados do próprio autor

Apenas o tratamento milheto + guandu respondeu de forma quadrática com o aumento das doses de N, apresentando pico de índice de clorofila foliar com a dose de 63 kg ha$^{-1}$ de N. De acordo com Soratto, Carvalho e Arf (2004) doses de N no solo aumentam o teor do pigmento, até certa dose.

Uma possível explicação para a não identificação de diferenças no índice de clorofila foliar nos tratamentos com doses superiores a 40 kg ha$^{-1}$ de N, segundo Dwyer et al. (1995) quando a planta absorve quantidade excessiva de N, esse acumula-se na forma de nitrato,

dessa maneira, o N não se associa à molécula de clorofila, sendo assim, não é detectado pelo medidor de clorofila.

O índice de clorofila foliar para o segundo ano (Tabela 11) apresentou maior valor no tratamento com *Azospirillum brasilense*. O maior índice de clorofila é reflexo do maior teor de N foliar com inoculação em relação a não inoculação. Argenta et al. (2001), utilizando teste de correlação simples, verificaram que o teor de N e clorofila extraível da folha, se correlacionaram significativamente com os teores de clorofila total e de clorofilas a e b da folha, mensurados com medidor portátil.

Quanto a interação entre coberturas vegetais e doses de N. Pelo desdobramento (Tabela 16) pode-se observar que na ausência de adubação nitrogenada, as coberturas de milheto + crotalária, possibilitaram teor de clorofila superior aos do milheto, milheto + guandu e pousio. Em relação às doses de N, o tratamento com crotalária, milheto, milheto + crotalária e pousio, o índice de clorofila ajustou-se a equação linear. Já os tratamentos com guandu e milheto + guandu, as doses de N se ajustaram a equação quadrática, onde obteve ponto de máximo índice de clorofila, com as doses de 57 kg $ha^{-1}$ e 125 kg $ha^{-1}$, respectivamente.

Vargas et al. (2012), na cultura do milho e Silva et al. (2007) na cultura do arroz, verificaram que as leituras do clorofilômetro foram positivamente correlacionadas aos teores de N no tecido foliar.

### *4.2.4 Teor de nitrogênio, fósforo e potássio nas plantas*

O teor de N contido na planta inteira indicou que o tratamento com milheto + crotalária foi superior quando comparado com guandu e o pousio, para o primeiro ano agrícola (Tabela 17). Percebe-se que os dados estão coerentes com os valores de N acumulado nas coberturas vegetais, onde o tratamento com milheto + crotalária se destaca em relação ao guandu. No entanto, o pousio não diferiu dos dois tratamentos no teor de N acumulado nas plantas de cobertura. Portanto, pode-se inferir que as plantas de milho semeadas sob milheto + crotalária e guandu, apresentaram teor de N compatíveis com as quantidades de N acumulado contido nesses tratamentos. Torres et al. (2005) concluíram que a crotalária e o guandu apresentaram maior quantidade de N acumulado no segundo ano de cultivo e, maior velocidade de decomposição, quando comparado às gramíneas. Teixeira et al. (2009), pesquisando a decomposição e liberação de nutrientes das palhadas de milheto e milheto + crotalária, verificaram que o acúmulo de N da palhada de milheto + crotalária foi de 252 kg

ha$^{-1}$ e o milheto solteiro acumulou 131 kg ha$^{-1}$. Os autores concluíram que a palhada de milheto + crotalária liberou maior quantidade de macronutrientes, com exceção do S.

As doses de N aplicadas em cobertura, para ambos os anos agrícolas, ajustaram-se a função linear positiva para o teor de N na planta (Figura 6). Vale ressaltar que o híbrido utilizado no primeiro ano foi diferente do utilizado no segundo ano, o que denotaria o potencial distinto em absorver nutrientes. Casagrande e Fornasieri Filho (2002) verificaram que os teores foliares de N foram significativamente mais elevados no C333B, em relação ao C444.

**Tabela 17 -** Valores médios de teor de nitrogênio ($N_P$), fósforo ($P_P$) e potássio ($K_P$) na massa seca de plantas em função da inoculação com *Azospirillum brasilense*, coberturas vegetais e doses de N em cobertura na cultura do milho. Selvíria – MS, Brasil (2012/13).

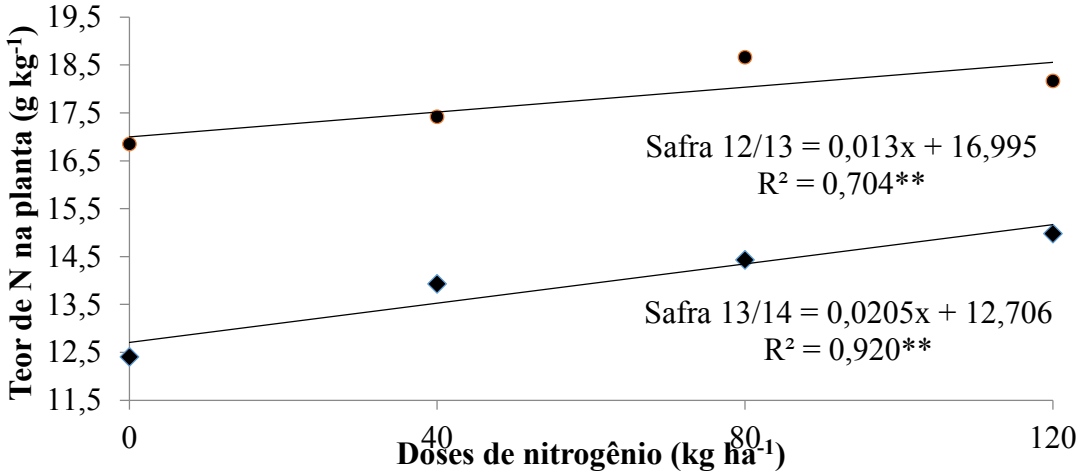
| Tratamentos | | $N_P$ | | $P_P$ | | $K_P$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | g kg$^{-1}$ | | | | | |
| | | 12/13 | 13/14 | 12/13 | 13/14 | 12/13 | 13/14 |
| **Inoculação (I)** | | | | | | | |
| Com | | 17,91 | 14,03 | 3,25 | 2,29 | 24,18 | 20,88 |
| Sem | | 17,64 | 13,84 | 3,21 | 2,31 | 23,98 | 20,70 |
| DMS | | - | - | - | - | - | - |
| **Coberturas Vegetais (C)** | | | | | | | |
| Crotalária | | 18,45 ab | 14,58 | 3,07 | 2,26 | 22,53 | 20,09 |
| Guandu | | 17,10 b | 13,87 | 3,11 | 2,27 | 22,77 | 20,58 |
| Milheto | | 17,23 ab | 13,44 | 3,34 | 2,29 | 23,83 | 20,89 |
| Milheto + Crotalária | | 18,70 a | 14,05 | 3,40 | 2,42 | 24,98 | 21,33 |
| Milheto + Guandu | | 18,23 ab | 13,79 | 3,19 | 2,18 | 25,56 | 20,67 |
| Pousio | | 16,94 b | 13,90 | 3,26 | 2,38 | 24,80 | 21,17 |
| DMS | | 1,57 | - | - | - | - | - |
| **Doses de N (D)** | | | | | | | |
| 0 kg ha$^{-1}$ | | 16,85 | 12,41 | 3,22 | 2,45 | 23,55 | 20,93 |
| 40 kg ha$^{-1}$ | | 17,42 | 13,93 | 3,23 | 2,28 | 24,39 | 21,39 |
| 80 kg ha$^{-1}$ | | 18,66 | 14,43 | 3,40 | 2,24 | 24,04 | 20,71 |
| 120 kg ha$^{-1}$ | | 18,17 | 14,98 | 3,08 | 2,23 | 24,33 | 20,14 |
| Valor de F[(1)] | I | 0,78 | 0,48 | 0,23 | 0,09 | 0,11 | 0,27 |
| | C | 4,00** | 1,20 | 1,20 | 1,25 | 2,76 | 1,19 |
| | D | 6,55** | 15,70** | 1,91 | 2,66* | 0,39 | 2,44 |
| | I*C | 0,89 | 0,22 | 0,22 | 0,82 | 0,37 | 2,25 |
| | I*D | 0,59 | 0,65 | 1,79 | 0,34 | 2,11 | 1,42 |
| | C*D | 1,45 | 0,33 | 0,92 | 0,69 | 0,98 | 0,40 |
| CV (%) | | 12,23 | 13,88 | 20,45 | 19,11 | 17,56 | 11,08 |
| MÉDIA GERAL | | 17,78 | 13,94 | 3,23 | 2,30 | 24,08 | 20,79 |

[(1)]Teste F: ** e * – significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente. Médias seguidas por mesma letra nas colunas não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey. CV – coeficiente de variação experimental.
Fonte: Dados do próprio autor

Da mesma forma que ocorreu neste experimento, Kappes, Arf e Andrade (2013a) não verificaram diferenças no teor de N da planta de milho em função das plantas de cobertura

milheto, crotalária e milheto + crotalária, bem como efeito linear positivo para o teor de N da planta com o aumento das doses de N. De maneira semelhante, Silva et al. (2008) não observaram diferença no teor de N da planta de milho com o milheto e a crotalária utilizadas como planta de cobertura antecedendo a cultura do milho. Os autores relatam que mais de 75% do N da crotalária e mais de 90 % do N do milheto não foram absorvidos pelo milho, e afirmam que é um indicativo da decomposição incompleta dos resíduos durante o ciclo da cultura, e ainda pressupõem que a maior parte desse nutriente permaneceu no solo, predominantemente sob formas orgânicas. De acordo com Silva et al. (2006a) o aproveitamento médio do N residual da parte aérea do milheto e da crotalária, pelo milho foi inferior a 3,5 e 3%, respectivamente, da quantidade inicial.

**Figura 6 -** Teor de nitrogênio na planta em função de dose de nitrogênio em cobertura na cultura do milho. Selvíria – MS, Brasil (2012/13 e 2013/14). Teste F: ** – significativo a 1% de probabilidade.



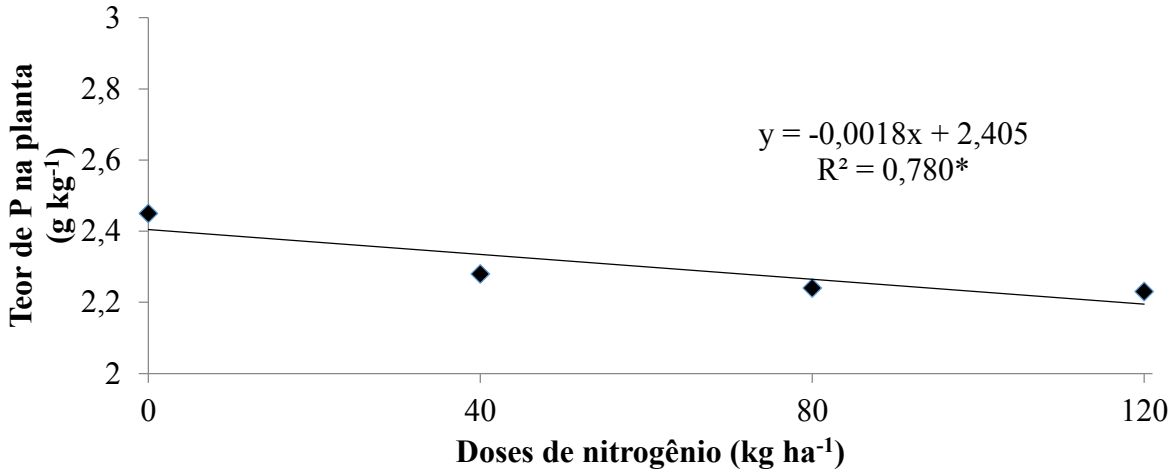

Fonte: Dados do próprio autor

Em relação ao teor de P na planta para o primeiro ano e de K na planta, para o primeiro e segundo ano, não houve diferença significativa para nenhum tratamento. Já em relação ao teor de P na planta para o segundo ano, houve resposta as doses de N (Figura 7), mostrando efeito linear decrescente com as doses de N, onde para cada kg de N aplicado, ocorreu decréscimo de P, em 0,0018 g $kg^{-1}$ de massa de planta. Kappes, Arf e Andrade (2013a) também não observaram diferenças ao utilizar as plantas milheto, crotalária e crotalária + milheto, no entanto, diferentemente do obtido nessa pesquisa, os autores observaram um efeito linear positivo para o teor de P na planta de milho com o aumento da dose de N e relatam que se deve a presença de sinergismo na absorção desses nutrientes. No

entanto, Malavolta, Vitti e Oliveira (1997) citam que a adição de N não tem efeito sobre o teor foliar de P.

Vale a pena ressaltar que os resultados de teor de nutrientes na planta de milho podem estar subestimados em razão de não ter sido considerado os nutrientes contidos no sistema radicular.

**Figura 7 -** Teor de fósforo na planta em função de dose de nitrogênio em cobertura na cultura do milho. Selvíria – MS, Brasil (2013/14). Teste F: * – significativo a 5% de probabilidade.




Fonte: Dados do próprio autor

*4.2.5 Nitrogênio, fósforo e potássio acumulados nas plantas*

A quantidade de N acumulado por hectare nas plantas de milho, para o primeiro ano, apresentou diferença apenas quanto às doses de N em cobertura (Tabela 18). Pelos dados contidos na Figura 8, observa-se que as doses de N ajustaram-se a função linear positiva, onde o aumento das doses de N aplicada em cobertura refletiu em acréscimo na quantidade de N acumulado, com nível de significância de 5%. Isso pode ser explicado, de acordo com Silva et al. (2009), pelo fato do fertilizante mineral fornecer a maior parte do N acumulado nas plantas de milho, seguido pelo solo e pelos adubos verdes. A quantidade de N acumulada também aumentou linearmente em resposta as doses crescentes de N em cobertura em experimento desenvolvido por Kappes, Arf e Andrade (2013a). Gava et al. (2010) concluíram que a elevação da dose de N-fertilizante promoveu aumento do acúmulo de N nas plantas de milho.

No segundo ano, as coberturas vegetais influenciaram o N acumulado pelas plantas de milho (Tabela 18). O tratamento com crotalária se destacou com o maior acúmulo em relação ao milheto + guandu. O acúmulo de N pelas plantas de milho é produto do acúmulo de massa

seca das plantas de milho, multiplicado pelo teor de N contido nessas plantas. Como a MSA (Tabela 9) evidenciou a superioridade do tratamento com crotalária em relação ao milheto + guandu e, os teores de N contidos nas plantas não apresentaram diferença estatística, pode-se inferir que o maior acúmulo de N pelas plantas de milho, foi reflexo da MSA.

**Tabela 18 -** Valores médios de nitrogênio ($N_A$), fósforo ($P_A$) e potássio acumulado ($K_A$) na massa seca de plantas em função da inoculação com *Azospirillum brasilense*, coberturas vegetais e doses de N em cobertura na cultura do milho. Selvíria – MS, Brasil (Safras 2012/13 e 2013/14).

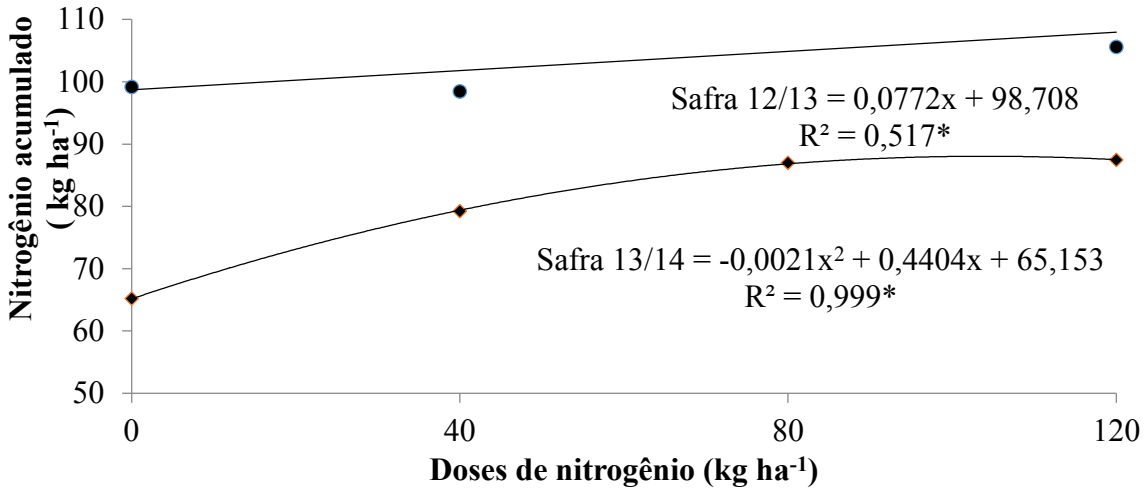
| Tratamentos | | $N_A$ | | $P_A$ | | $K_A$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ----------kg ha$^{-1}$---------- | | | | | |
| | | 12/13 | 13/14 | 12/13 | 13/14 | 12/13 | 13/14 |
| **Inoculação (I)** | | | | | | | |
| Com | | 103,65 | 78,94 | 18,83 | 12,84 | 139,36 | 116,93 |
| Sem | | 103,03 | 80,49 | 18,62 | 13,33 | 139,43 | 118,70 |
| DMS | | - | - | - | - | - | - |
| **Coberturas Vegetais (C)** | | | | | | | |
| Crotalária | | 107,28 | 87,26 a | 17,85 | 13,38 ab | 130,28 | 120,40 ab |
| Guandu | | 103,31 | 78,44 ab | 18,79 | 12,74 ab | 137,23 | 115,62 ab |
| Milheto | | 97,80 | 74,19 ab | 18,98 | 12,64 ab | 136,04 | 115,41 ab |
| Milheto + Crotalária | | 106,96 | 84,23 ab | 19,46 | 14,48 a | 141,53 | 125,03 a |
| Milheto + Guandu | | 106,31 | 72,39 b | 18,44 | 11,51 b | 148,19 | 107,40 b |
| Pousio | | 98,38 | 81,78 ab | 18,83 | 13,76 ab | 143,10 | 123,04 ab |
| DMS | | - | 14,06 | - | 2,52 | - | 16,46 |
| **Doses de N (D)** | | | | | | | |
| 0 kg ha$^{-1}$ | | 99,19 | 65,21 | 18,81 | 12,88 | 138,85 | 108,81 |
| 40 kg ha$^{-1}$ | | 98,45 | 79,21 | 18,23 | 12,97 | 135,88 | 121,09 |
| 80 kg ha$^{-1}$ | | 110,13 | 87,00 | 20,06 | 13,49 | 141,14 | 124,58 |
| 120 kg ha$^{-1}$ | | 105,59 | 87,44 | 17,80 | 13,00 | 141,71 | 116,78 |
| Valor de F[(1)] | I | 0,05 | 0,31 | 0,08 | 0,93 | 0,00 | 0,29 |
| | C | 1,46 | 2,83* | 0,42 | 2,77* | 1,53 | 2,53* |
| | D | 3,64** | 13,66** | 2,07 | 0,30 | 0,41 | 4,27** |
| | I*C | 0,41 | 0,44 | 0,14 | 0,83 | 0,47 | 0,80 |
| | I*D | 0,97 | 0,91 | 2,39 | 0,70 | 0,98 | 0,26 |
| | C*D | 1,12 | 0,74 | 0,83 | 1,06 | 1,18 | 0,41 |
| CV (%) | | 19,48 | 24,41 | 25,21 | 26,70 | 20,46 | 19,33 |
| MÉDIA GERAL | | 103,34 | 79,72 | 18,73 | 13,08 | 139,39 | 117,82 |

[(1)]Teste F: ** e * – significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente. Médias seguidas por mesma letra nas colunas não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey. CV – coeficiente de variação experimental.
Fonte: Dados do próprio autor

Majerowicz et al. (2002) relataram que o acúmulo de massa seca na planta inteira, parte aérea, bem como a razão parte aérea/raiz foram afetados pelas doses de N, em contraste com o observado no sistema radicular. Os autores explicam que a deficiência de N alterou intensamente o crescimento das partes aéreas, tendo um impacto não significativo sobre o sistema radicular.

Ainda na Tabela 18, o N acumulado respondeu às doses de N. Observa-se na Figura 8 que, diferentemente do primeiro ano, as doses se ajustaram ao modelo quadrático para N acumulado no segundo ano. O máximo acumulado, segundo a equação, seria de 88 kg $ha^{-1}$ de N, com a dose de 105 kg $ha^{-1}$. É sabido que raramente a eficiência da adubação nitrogenada chega à 50%. Portanto, nessa analogia, parte do N acumulado pelas plantas foi proveniente do fertilizante e a outra parte, provavelmente foi proveniente da matéria orgânica do solo.

**Figura 8 -** Nitrogênio acumulado em função de doses de nitrogênio em cobertura na cultura do milho. Selvíria – MS, Brasil (Safras 2012/13 e 2013/14). Teste F: * – significativo a 5% de probabilidade.



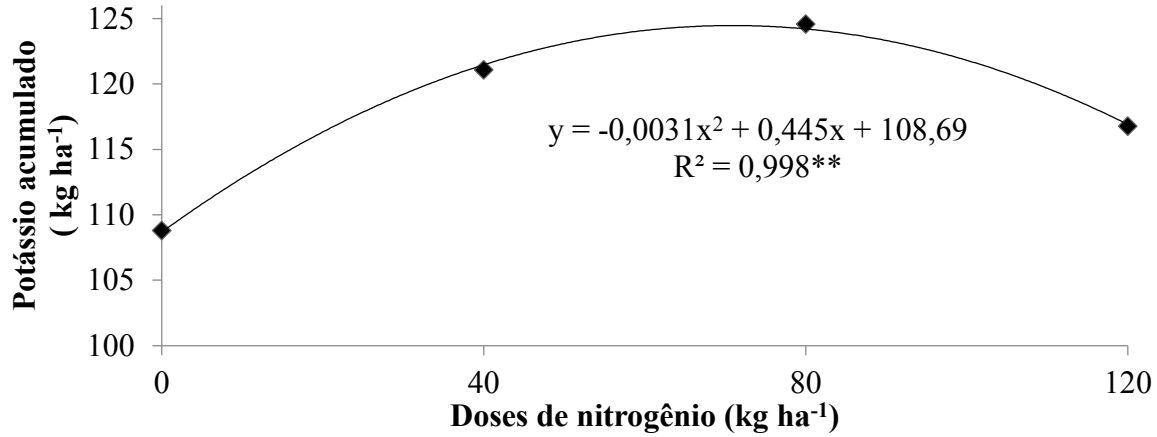

Fonte: Dados do próprio autor

Quanto a P e K acumulados, para o primeiro ano, não observou diferença estatística (Tabela 18). No segundo ano, o P e K acumulados (Tabela 18) responderam de forma semelhante quanto às coberturas vegetais. Esse resultado também é reflexo do maior acumulo de massa seca pelas plantas de milho, onde o tratamento com milheto + crotalária sobressaiu ao milheto + guandu. Kappes, Arf e Andrade (2013a) verificaram que N, P e K acumulados foram superiores com crotalária e milheto + crotalária em relação ao milheto, no entanto os autores atribuem esse efeito a maior massa seca acumulada já que o teor do nutriente na planta inteira foi semelhante. Souza et al. (2008) ao avaliar o efeito de plantas de cobertura no teor de N acumulado no milho em casa de vegetação, observaram maior quantidade de N acumulado com crotalária em relação ao milheto, e afirmam que foi proporcional à produção de matéria seca, em que a crotalária proporcionou ao milho maior produção de matéria seca acumulada comparada ao milheto.

No segundo ano, o K acumulado (Tabela 18) respondeu ás dose de N. A Figura 9 mostra que os dados se ajustaram ao modelo quadrático, onde destaca a dose de 72 kg $ha^{-1}$ de

N, refletindo em maior acúmulo de K. Mais uma vez, reforça a ligação entre MSA pelo milho (Figura 5) e o acúmulo de nutrientes. Nesse caso, a MSA também seguiu a tendência quadrática com as doses de N. Por tanto, pode-se inferir que não houve necessariamente indução, até certo ponto, de maior acúmulo de K pelas plantas do milho, em função das doses de N. O que houve, na verdade, foi reflexo do maior acúmulo de massa seca pela planta, refletindo em tal resultado.

**Figura 9 -** Potássio acumulado em função de doses de nitrogênio em cobertura na cultura do milho. Selvíria – MS, Brasil (Safra 2013/14). Teste F: ** – significativo a 1% de probabilidade.




Fonte: Dados do próprio autor

Malavolta, Vitti e Oliveira (1997) citam os casos mais comuns de efeitos entre elementos, demonstram que a adição de N promove a diminuição de K nas folhas. Viana e Kiehl (2010) verificaram que o acúmulo de potássio na parte aérea de trigo, variou somente com a adição de potássio, não havendo interação com o fornecimento do nitrogênio.

### *4.2.6 Altura de plantas e de inserção de espiga*

A altura de plantas e a altura de inserção de espiga foram no primeiro ano agrícola (Tabela 19), quando na presença da inoculação com *Azospirillum brasilense*, para ambas as avaliações, houve resposta negativa. Essa resposta ocorre provavelmente pela menor população final de plantas obtidas na presença da inoculação, onde com maior número de plantas em que, de acordo com Castro, Kluge e Peres (2005) plantas jovens sombreadas tem seus caules alongados. Von Pinho et al. (2008) constataram relações lineares positivas para a altura de plantas e a altura de inserção de espigas com o aumento da densidade de plantas.

Em relação às coberturas vegetais, ainda para o primeiro ano (Tabela 19), nota-se que os parâmetros de altura de plantas e altura de inserção de espiga apresentaram respostas bem parecidas, exceto em relação ao guandu. O tratamento com crotalária apresentou maior altura de plantas, diferindo apenas do tratamento com milheto. Já em relação à altura de inserção de espiga, o tratamento com crotalária e guandu foram superiores ao tratamento com milheto. O milheto por apresentar maior relação C/N pode ter liberado menor quantidade de N às plantas de milho, já que as bactérias mineralizadoras podem ter imobilizado o N contido no solo e também por apresentar taxa de decomposição mais lenta, e consequentemente ter limitado a altura da planta e altura de inserção da espiga.

**Tabela 19 -** Valores médios de altura de plantas (AP) e altura de inserção de espiga (AIE), em função da inoculação com *Azospirillum brasilense*, coberturas vegetais e doses de N em cobertura na cultura do milho. Selvíria – MS, Brasil (Safras 2012/13 e 2013/14).

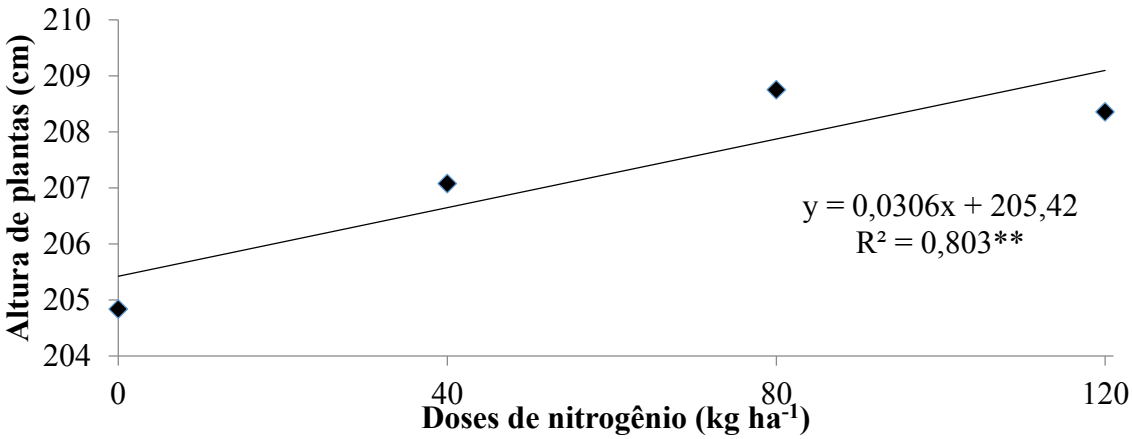
| Tratamentos | | AP | | AIE | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | ----------cm---------- | | | |
| | | 12/13 | 13/14 | 12/13 | 13/14 |
| **Inoculação (I)** | | | | | |
| Com | | 204,26 b | 207,38 | 116,13 b | 106,60 |
| Sem | | 207,73 a | 207,13 | 118,95 a | 106,89 |
| DMS | | 2,11 | - | 1,50 | - |
| **Coberturas Vegetais (C)** | | | | | |
| Crotalária | | 208,59 a | 210,75 a | 119,26 a | 109,15 a |
| Guandu | | 207,84 ab | 208,77 a | 119,26 a | 107,03 a |
| Milheto | | 202,53 b | 207,33 ab | 115,29 b | 107,04 a |
| Milheto + Crotalária | | 207,46 ab | 207,06 ab | 118,66 ab | 106,74 a |
| Milheto + Guandu | | 204,25 ab | 202,43 b | 116,22 ab | 102,69 b |
| Pousio | | 205,27 ab | 207,21 ab | 116,67 ab | 107,84 a |
| DMS | | 5,35 | 4,92 | 3,79 | 3,40 |
| **Doses de N (D)** | | | | | |
| 0 kg $ha^{-1}$ | | 205,81 | 204,84 | 117,37 | 103,50 |
| 40 kg $ha^{-1}$ | | 205,67 | 207,08 | 117,25 | 107,64 |
| 80 kg $ha^{-1}$ | | 205,61 | 208,75 | 117,90 | 108,08 |
| 120 kg $ha^{-1}$ | | 206,88 | 208,36 | 117,64 | 107,78 |
| Valor de F[(1)] | I | 10,52** | 0,07 | 13,81** | 0,18 |
| | C | 3,26** | 5,22** | 3,33** | 6,82** |
| | D | 0,31 | 3,22* | 0,15 | 10,26** |
| | I*C | 0,23 | 1,96 | 0,52 | 0,84 |
| | I*D | 0,90 | 1,22 | 0,57 | 0,24 |
| | C*D | 0,51 | 0,38 | 0,63 | 0,55 |
| CV (%) | | 3,6 | 3,29 | 4,47 | 4,41 |
| MÉDIA GERAL | | 205,99 | 207,26 | 117,54 | 106,75 |

[(1)]Teste F: ** e * – significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente. Médias seguidas por mesma letra nas colunas não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey. CV – coeficiente de variação experimental.
Fonte: Dados do próprio autor

Bertin, Andrioli e Centurion (2005), ao avaliar as características dos resíduos culturais da parte aérea das plantas de milheto, crotalária e guandu, observaram a relação C/N de 60,1; 27,5 e 21,7, e o teor de N de 7,7; 16,3 e 21,5 g $kg^{-1}$, respectivamente. Já Torres et al. (2005), em 2000/01 verificaram a relação C/N de 21,7 para milheto, 11,5 para crotalária e 11,3 para guandu e concluíram que a crotalária e guandu apresentaram maior velocidade de decomposição quando comparada ao milheto. Isso pode ser justificado pelo trabalho de Silva et al. (2008) desenvolvido em casa de vegetação, em que o aproveitamento do N do resíduo da crotalária (20,33%) foi maior do que o do milheto (5,63%) pelas plantas de milho.

Kappes, Arf e Andrade (2013a), também observaram maior valor numérico de altura de plantas de milho com a crotalária em relação ao milheto, no entanto, neste trabalho não foi demonstrada a análise estatística em relação às plantas de cobertura, devido ter ocorrido interação deste fator com outro, mas visualmente observa-se essa diferença. Albuquerque et al. (2013), também não verificaram diferenças na altura de plantas de milho em função da crotalária e guandu cultivados anteriormente. Leal et al. (2013) no ano agrícola 2005/06 observaram maior altura de inserção de espiga em milho cultivado em sucessão a crotalária em relação ao milheto. Por outro lado, Carvalho et al. (2004) não tiveram diferenças entre milheto, crotalária e guandu sobre a altura de plantas de milho e altura de inserção de espiga.

**Figura 10 –** Altura de plantas em função de doses de nitrogênio em cobertura na cultura do milho. Selvíria – MS, Brasil (Safra 2013/14). Teste F: ** – significativo a 1% de probabilidade.




Fonte: Dados do próprio autor

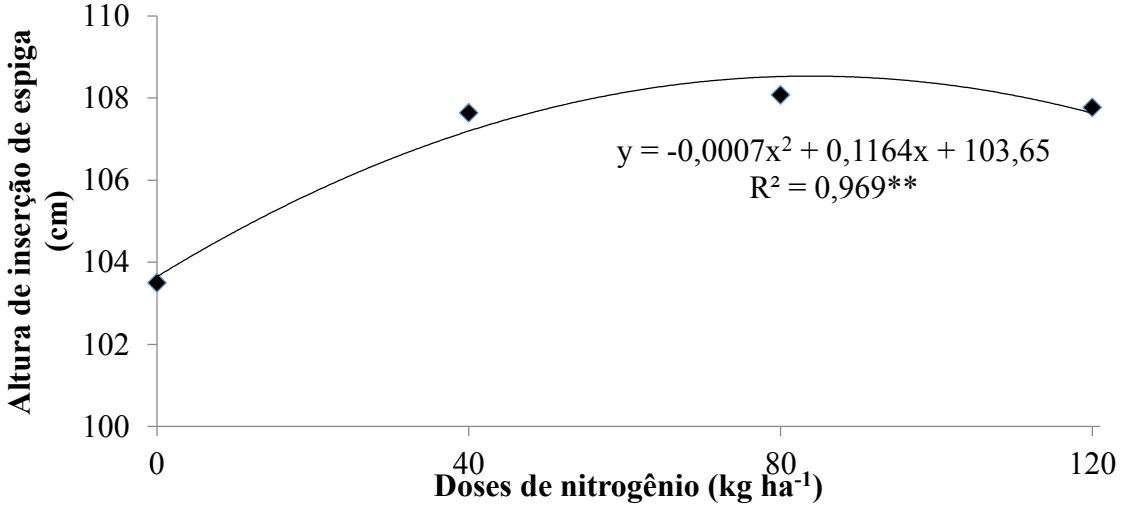
Com relação ao segundo ano, tanto para altura de plantas, quanto para altura de inserção de espiga, o tratamento com milheto + guandu apresentou valor inferior (Tabela 19). Esse tratamento apresentou menor massa seca da parte aérea e massa seca acumulada de milho (Tabela 9), da mesma forma, apresentou menores quantidades acumuladas de N, P e K

nas plantas de milho (Tabela 18). A menor altura de plantas e de inserção de espigas é reflexo do menor acumulo de nutrientes e, consequentemente, menor acumulo de massa seca da planta, os quais foram limitantes para o maior desenvolvimento das plantas.

A altura de plantas do segundo ano (Tabela 19) respondeu de forma linear positiva com o incremento das doses de N (Figura 10). Observa-se que para cada kg $ha^{-1}$ de N, houve aumento de 0,031 cm na altura de plantas. A altura de inserção de espiga do segundo ano (Tabela 19) mostra que respondeu de forma quadrática com as doses de N (Figura 11).

A maior altura de inserção de espiga ocorre com a aplicação de 83 kg $ha^{-1}$ de N. Veloso et al. (2006), avaliaram doses crescentes de N em milho (0, 50, 100 e 150 kg $ha^{-1}$), obtendo altura máxima de plantas de 2,43 m, que correspondeu a uma dose de 190 kg $ha^{-1}$ de N e altura máxima de inserção de espiga de 1,31 m, que correspondeu a 175 kg $ha^{-1}$ de N. Assim como Souza e Soratto (2006) verificaram que a maior altura de planta (1,68 m) foi alcançada com a dose estimada de 66,8 kg $ha^{-1}$ de N e a altura máxima de inserção da primeira espiga (0,82 m), com a aplicação de 70,0 kg $ha^{-1}$ de N, na forma de ureia. No entanto, Kappes et al. (2014) obtiveram resultado semelhante ao do presente estudo. Os autores relatam que houve aumento linear na altura de plantas, com o incremento na dose de N, sendo que para cada kg $ha^{-1}$ de N aplicado, houve aumento de 0,049 cm.

**Figura 11 -** Altura de inserção de espiga em função de doses de nitrogênio em cobertura na cultura do milho. Selvíria – MS, Brasil (Safra 2013/14). Teste F: ** – significativo a 1% de probabilidade.




Fonte: Dados do próprio autor

*4.2.7 Diâmetro de colmo*

O diâmetro de colmo, para ambos os anos, foi influenciado pelas doses de N em cobertura (Tabela 20). De acordo com a Figura 12, o diâmetro de colmo ajustou-se a função quadrática com as doses de N, as quais apresentaram ponto de máximo diâmetro de colmo com a dose de 108 e 88 kg $ha^{-1}$ de N, para o primeiro e segundo ano, respectivamente. No milho, o aumento do diâmetro do colmo é importante do ponto de vista fisiológico, já que de acordo com Fancelli e Dourado Neto (2000), o colmo além de atuar como suporte de folhas e inflorescências, atua principalmente como uma estrutura destinada ao armazenamento de sólidos solúveis que serão utilizados posteriormente na formação dos grãos.

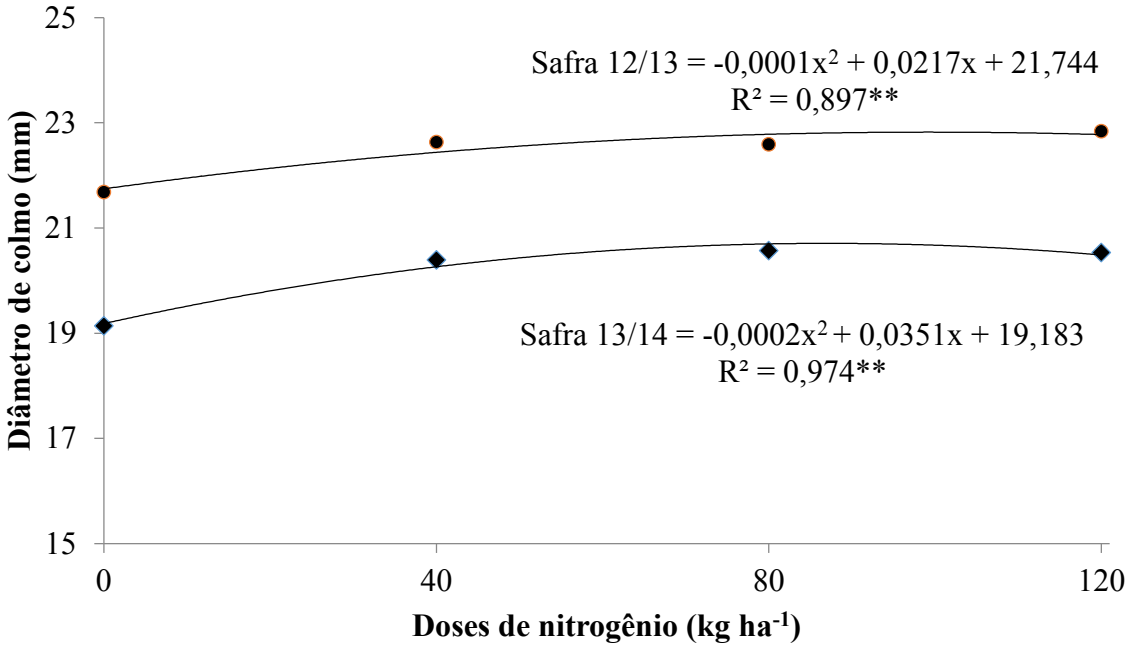
**Tabela 20 -** Valores médios de diâmetro de colmo (DC), em função da inoculação com *Azospirillum brasilense*, coberturas vegetais e doses de N em cobertura na cultura do milho. Selvíria – MS, Brasil (Safras 2012/13 e 2013/14).

| **Tratamentos** | | **DC** | |
|---|---|---|---|
| | | **----------cm----------** | |
| | | **12/13** | **13/14** |
| **Inoculação (I)** | | | |
| Com | | 22,41 | 19,99 |
| Sem | | 22,45 | 20,32 |
| DMS | | - | - |
| **Coberturas Vegetais (C)** | | | |
| Crotalária | | 22,52 | 20,37 |
| Guandu | | 22,07 | 20,01 |
| Milheto | | 22,50 | 19,91 |
| Milheto + Crotalária | | 22,63 | 20,51 |
| Milheto + Guandu | | 22,35 | 20,08 |
| Pousio | | 22,54 | 20,08 |
| DMS | | - | - |
| **Doses de N (D)** | | | |
| 0 kg $ha^{-1}$ | | 21,68 | 19,14 |
| 40 kg $ha^{-1}$ | | 22,63 | 20,39 |
| 80 kg $ha^{-1}$ | | 22,59 | 20,57 |
| 120 kg $ha^{-1}$ | | 22,84 | 20,53 |
| Valor de F[(1)] | I | 0,09 | 4,65* |
| | C | 1,60 | 1,54 |
| | D | 15,92** | 20,40** |
| | I*C | 0,98 | 2,91* |
| | I*D | 0,30 | 0,50 |
| | C*D | 0,85 | 0,55 |
| CV (%) | | 4,00 | 5,20 |
| MÉDIA GERAL | | 22,43 | 20,16 |

[(1)]Teste F: ** e * – significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente. Médias seguidas por mesma letra nas colunas não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey. CV – coeficiente de variação experimental.
Fonte: Dados do próprio autor

Kappes, Arf e Andrade (2013b) também não observaram diferenças no diâmetro de colmo de milho em função de plantas de cobertura e verificaram efeito linear positivo com o aumento de doses de N. Cruz et al. (2008) analisando as doses de N de máximo rendimento agronômico sobre os componentes morfológicos do milho, verificaram que doses de N acima 85 kg $ha^{-1}$ não contribuíram para o aumento do diâmetro do colmo. Kappes et al. (2014) observaram diâmetro de colmo crescente com o incremento de N. Os autores relatam que o aumento do diâmetro de colmo com a dose de nitrogênio mostra-se vantajoso, pois esta característica morfológica é uma das que mais tem sido relacionada com o percentual de acamamento ou quebramento de planta na cultura do milho.

**Figura 12 -** Diâmetro de colmo de plantas em função de dose de nitrogênio em cobertura na cultura do milho. Selvíria – MS, Brasil (Safras 2012/13 e 2013/14). Teste F: ** – significativo a 1% de probabilidade.




Fonte: Dados do próprio autor

No segundo ano, o diâmetro de colmo foi influenciado pela interação entre inoculação e coberturas vegetais. Pelo desdobramento (Tabela 21), observa-se que apenas o tratamento com milheto, na ausência de inoculação, apresentou maior diâmetro em relação à presença da inoculação. Observando os dados na presença da inoculação, nota-se que os tratamentos com crotalária e milheto + crotalária foram superiores ao milheto, apresentando maiores diâmetros de colmo. Vale a mesma hipótese descrita sobre altura de plantas e de inserção de espigas,

correlacionando relação C/N das coberturas e a disponibilidade de nutrientes (principalmente o N) para o milho.

**Tabela 21 -** Desdobramento da interação entre inoculação e coberturas vegetais para diâmetro de colmo em plantas de milho. Selvíria – MS, Brasil (2013/14).

| Inoculação | Coberturas Vegetais | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Crotalária | Guandu | Milheto | Milh+Crot | Milh+Guan | Pousio |
| | Diâmetro de colmo (mm) | | | | | |
| Com | 20,3 a A | 19,99 a AB | 19,1 b B | 20,7 a A | 19,8 a AB | 19,8 a AB |
| Sem | 20,37 a A | 20,02 a A | 20,63 a A | 20,31 a A | 20,03 a A | 20,31 a A |
| DMS | Coberturas dentro de Inoculação: 1,072<br>Inoculação dentro de Coberturas: 0,733 | | | | | |

DMS - diferença mínima significativa. Médias seguidas por mesma letra, minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.
Fonte: Dados do próprio autor

### *4.2.8 Comprimento e diâmetro de espiga*

Quanto ao comprimento e diâmetro de espiga (Tabela 22) em relação ao primeiro ano, verifica-se que ocorreu a mesma diferença estatística para as coberturas vegetais, com palhada de milheto possibilitando maior comprimento e diâmetro de espiga de milho em relação ao pousio. Segundo Bavec e Bavec (2002), existe correlação positiva forte (0,68) entre o comprimento e diâmetro de espiga.

Isso pode ter ocorrido devido a maior relação C/N da *Urocloa ruziziensis* (40,8/1), plantas que predominavam no pousio, em comparação com o milheto (30,0/1) (MENEZES; LEANDRO, 2004), que consequentemente demora mais tempo para decomposição e liberação de nutrientes para as plantas de milho, resultando em menor comprimento e diâmetro de espiga. De acordo com Magalhães e Durães (2000), o número de óvulos (grãos em potencial) em cada espiga e o tamanho da espiga são definidos entre os estádios fenológicos $V_{12}$ e $V_{17}$ (doze e dezessete folhas desenvolvidas), sendo que nessa fase, inicia-se o período mais crítico para a produção, em que a deficiência de umidade ou nutrientes pode reduzir seriamente o número potencial de grãos como o tamanho das espigas a serem colhidas. Esses resultados contrastam com os obtidos por Kappes, Arf e Andrade (2013b) na safra 2009/10, que observaram menor comprimento de espigas de milho em sucessão a milheto em comparação a sucessão com crotalária e milheto + crotalária e, não verificaram diferenças no diâmetro de espiga.

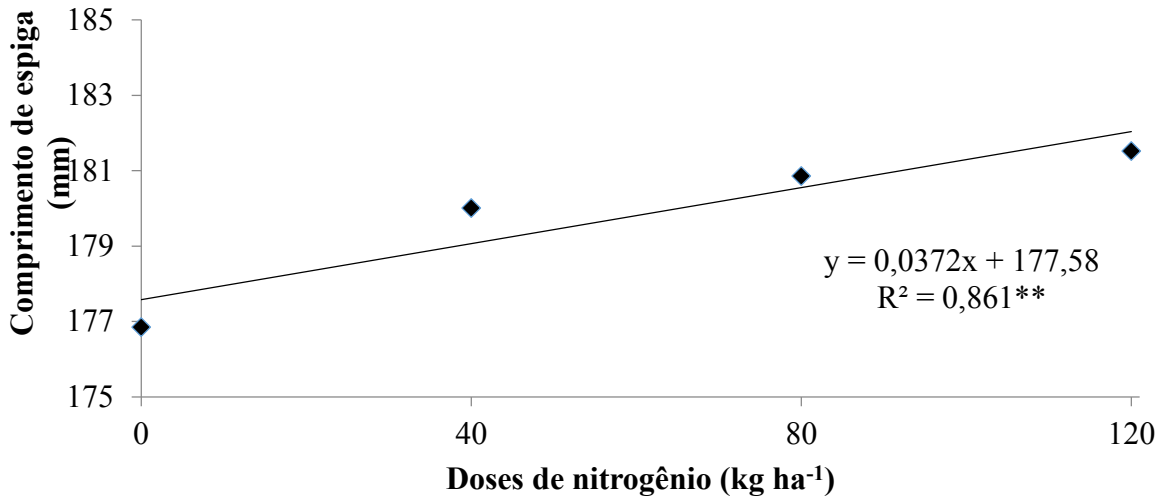
**Tabela 22 -** Valores médios de comprimento de espiga (CE) e diâmetro de espiga (DE), em função da inoculação com *Azospirillum brasilense*, coberturas vegetais e doses de N em cobertura na cultura do milho. Selvíria – MS, Brasil (Safras 2012/13 e 2013/14).

| Tratamentos | | CE | | DE | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | ----------mm---------- | | | |
| | | 12/13 | 13/14 | 12/13 | 13/14 |
| **Inoculação (I)** | | | | | |
| Com | | 179,78 | 160,78 | 52,05 | 51,15 |
| Sem | | 179,84 | 160,15 | 52,21 | 51,04 |
| DMS | | - | - | - | - |
| **Coberturas Vegetais (C)** | | | | | |
| Crotalária | | 181,05 ab | 162,31 | 52,24 ab | 51,53 a |
| Guandu | | 177,64 ab | 163,36 | 52,09 ab | 51,53 a |
| Milheto | | 182,27 a | 157,55 | 52,87 a | 50,88 abc |
| Milheto + Crotalária | | 181,77 ab | 164,44 | 51,77 ab | 51,47 ab |
| Milheto + Guandu | | 179,61 ab | 159,11 | 52,16 ab | 50,50 c |
| Pousio | | 176,55 b | 156,02 | 51,64 b | 50,66 bc |
| DMS | | 5,28 | - | 1,12 | 0,82 |
| **Doses de N (D)** | | | | | |
| 0 kg $ha^{-1}$ | | 176,85 | 154,21 | 51,85 | 50,46 |
| 40 kg $ha^{-1}$ | | 180,01 | 160,44 | 52,22 | 51,06 |
| 80 kg $ha^{-1}$ | | 180,86 | 161,88 | 52,29 | 51,26 |
| 120 kg $ha^{-1}$ | | 181,52 | 165,33 | 52,16 | 51,59 |
| Valor de F[(1)] | I | 0,004 | 0,41 | 0,49 | 0,49 |
| | C | 3,21** | 7,83** | 2,51* | 5,56** |
| | D | 3,84** | 21,99** | 0,76 | 8,51** |
| | I*C | 0,64 | 0,96 | 0,88 | 1,16 |
| | I*D | 0,67 | 0,42 | 0,58 | 2,82* |
| | C*D | 0,69 | 1,92* | 1,01 | 1,01 |
| CV (%) | | 4,06 | 4,28 | 2,97 | 2,22 |
| MÉDIA GERAL | | 179,81 | 160,46 | 52,13 | 51,09 |

[(1)]Teste F: ** e * – significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente. Médias seguidas por mesma letra nas colunas não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey. CV – coeficiente de variação experimental.
Fonte: Dados do próprio autor

As doses de N aplicadas em cobertura também forneceram diferença estatística. De acordo com a Figura 13, o comprimento de espiga ajustou-se a função linear positiva, com o incremento de N. Carmo et al. (2012) e Lourente et al. (2007) também observaram efeito linear positivo no comprimento de espigas, com aumento das doses de N em milho doce.

**Figura 13 -** Comprimento de espiga em função de dose de nitrogênio em cobertura na cultura do milho. Selvíria – MS, Brasil (Safra 2012/13). Teste F: ** – significativo a 1% de probabilidade.




Fonte: Dados do próprio autor

Houve interação entre coberturas vegetais e doses de N para comprimento de espiga no segundo ano (Tabela 22). Pelo desdobramento (Tabela 23), na dose de 0 kg $ha^{-1}$ de N, a crotalária e o milheto + crotalária foram superiores em relação ao milheto, milheto + guandu e pousio. Na dose de 80 kg $ha^{-1}$, destacou o tratamento com milheto + crotalária, com o maior comprimento de espiga e, o tratamento milheto com o menor comprimento. Observando o teor de N foliar de milho na Tabela 14, verifica-se que houve mesma tendência de inferioridade na dose zero, com os tratamentos milheto, milheto + guandu e pousio. Assim como na dose de 80 kg $ha^{-1}$, onde o milheto obteve menor teor de N. De acordo com esse resultado, o teor de N foliar influencia diretamente no comprimento de espiga, onde, o maior teor de N foliar, é traduzido em maior comprimento de espiga. Silva et al. (2006a) observaram correlação positiva (0,43) entre N foliar e comprimento de espiga.

Para os tratamentos com milheto e milheto + guandu, o comprimento de espiga respondeu de forma linear com o incremento das doses de N. Sendo que para cada kg $ha^{-1}$ de N, no tratamento com milheto, o comprimento de espiga aumentou em 0,09 mm e para o milheto + guandu, houve aumento de 0,15 mm. Kappes, Arf e Andrade (2013b), pesquisando coberturas vegetais (milheto, crotalária e milheto + crotalária) e doses de N, verificaram que na safra 2010/11, o comprimento de espiga ajustou-se a equação linear positiva com o aumento da dose de N nas três coberturas. Segundo os autores, no milho semeado sob milheto, houve aumento de 0,15 mm no comprimento de espiga, para cada kg $ha^{-1}$ de N aplicado. No milho semeado sob crotalária e sob consórcio, houve aumento de 0,07 e 0,05

mm, respectivamente. No tratamento pousio, o comprimento de espiga ajustou-se a equação quadrática, a qual obteve o cume com a dose calculada de 89 kg ha$^{-1}$ de N. Silva et al. (2006a) verificaram que o modelo quadrático foi o que melhor se ajustou aos dados de comprimento de espiga na sucessão aveia preta/milho, com comprimento máximo obtido pela derivada da equação, de 18,35 cm obtido na dose de 200 kg ha$^{-1}$ de N.

**Tabela 23 -** Desdobramento entre coberturas vegetais e doses de nitrogênio em cobertura para comprimento de espiga em plantas de milho. Selvíria – MS, Brasil (2013/14).

| Coberturas Vegetais | Doses de N (kg ha$^{-1}$) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 0 | 40 | 80 | 120 |
| | Comprimento de espiga (mm$^{1}$) | | | |
| Crotalária | 161,06 a | 160,13 | 160,56 ab | 167,50 |
| Guandu | 158,13 ab | 163,25 | 165,81 ab | 166,25 |
| Milheto (1) | 149,94 bc | 160,06 | 156,81 b | 163,38 |
| Milheto + Crotalária | 162,88 a | 161,88 | 166,81 a | 166,19 |
| Milheto + Guandu (2) | 148,69 bc | 158,31 | 162,13 ab | 167,31 |
| Pousio (3) | 144,56 c | 159,00 | 159,13 ab | 161,38 |
| DMS | Coberturas dentro de Doses: 9,924 | | | |

DMS - diferença mínima significativa. Médias seguidas por mesma letra nas colunas não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ** – significativo a 1% de probabilidade. (1) Y= 0,093x + 151,99 R²= 0,70**; (2) Y= 0,149x + 150,16 R²= 0,96**; (3) Y= -0,002x² + 0,355x + 145,38 R²= 0,92**
Fonte: Dados do próprio autor

O diâmetro de espiga para o segundo ano, destacou os tratamentos com crotalária e guandu, com as maiores médias, diferindo do milheto + guandu e do pousio.

Houve interação entre inoculação e doses de N para diâmetro de espiga (Tabela 22). O desdobramento (Tabela 24) indica que na dose de 40 kg ha$^{-1}$, a inoculação proporcionou maior diâmetro. Provavelmente, essa foi a dose que não limitou a fixação biológica, tanto por excesso, quanto por falta de N no solo. Com e sem a inoculação, o diâmetro de espiga ajustou-se a equação linear positiva com o aumento das doses de N, indicando aumento de 0,010 mm e 0,008 mm para cada kg ha$^{-1}$ de N aplicado, respectivamente.

**Tabela 24 -** Desdobramento da interação entre inoculação e doses de nitrogênio em cobertura para diâmetro de espiga em plantas de milho. Selvíria – MS, Brasil (2013/14).

| Inoculação | Doses de N (kg ha$^{-1}$) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 0 | 40 | 80 | 120 |
| | Diâmetro de espiga (mm) | | | |
| Com (1) | 50,25 a | 51,48 a | 51,17 a | 51,70 a |
| Sem (2) | 50,67 a | 50,65 b | 51,35 a | 51,48 a |
| DMS | Inoculação dentro de Doses: 0,647 | | | |

DMS - diferença mínima significativa. Médias seguidas por mesma letra nas colunas não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ** – significativo a 1% de probabilidade. (1) Y= 0,010x + 50,54 R²= 0,67**; (2) Y= 0,008x + 50,56 R²= 0,84**
Fonte: Dados do próprio autor

*4.2.9 Produtividade de grãos e massa de mil grãos*

A massa de mil grãos (Tabela 25), para o primeiro ano, respondeu de forma negativa a inoculação com a bactéria *Azospirillum brasilense*, apresentando decréscimo de 1,13% quando comparado ao tratamento sem inoculação. Este decréscimo proporcionado pela bactéria pode ser atribuído ao fato dela ser heterotrófica e requerer alguma fonte de N combinado. De acordo com Tarrand, Krieg e Dobereiner (1978) *Azospirillum* pode usar $NH_4$, $NO_3$, aminoácidos e $N_2$ como fonte de N para seu crescimento. Ou seja, inicialmente a bactéria pode ter utilizado alguma forma de N para o seu estabelecimento e depois pode não ter sido eficiente em fixar o N atmosférico e fornecê-lo a planta.

**Tabela 25 -** Valores médios de massa de mil grãos (MMG) e produtividade em função da inoculação com *Azospirillum brasilense*, coberturas vegetais e doses de N em cobertura na cultura do milho. Selvíria – MS, Brasil (2012/13).

| Tratamentos | | MMG | | PROD | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | ----------g---------- | | -------kg ha$^{-1}$------- | |
| | | **12/13** | **13/14** | **12/13** | **13/14** |
| **Inoculação (I)** | | | | | |
| Com | | 333,29 b | 283,48 | 8.277 | 9.122 |
| Sem | | 337,07 a | 284,02 | 8.690 | 9.027 |
| DMS | | 2,95 | - | 294 | - |
| **Coberturas Vegetais (C)** | | | | | |
| Crotalária | | 337,50 a | 290,07 a | 8.459 | 9.559 ab |
| Guandu | | 336,77 ab | 288,33 a | 8.818 | 9.994 a |
| Milheto | | 334,53 ab | 277,06 c | 8.323 | 8.074 c |
| Milheto + Crotalária | | 336,37 ab | 286,26 ab | 8.601 | 9.813 a |
| Milheto + Guandu | | 336,39 ab | 279,96 bc | 8.480 | 8.315 c |
| Pousio | | 329,52 b | 280,80 bc | 8.220 | 8.691 bc |
| DMS | | 7,46 | 6,39 | - | 937,22 |
| **Doses de N (D)** | | | | | |
| 0 kg ha$^{-1}$ | | 332,44 | 279,39 | 8.703 | 7.930 |
| 40 kg ha$^{-1}$ | | 336,78 | 283,50 | 8.421 | 9.157 |
| 80 kg ha$^{-1}$ | | 336,69 | 284,08 | 8.403 | 9.424 |
| 120 kg ha$^{-1}$ | | 334,81 | 288,02 | 8.407 | 9.787 |
| Valor de F[(1)] | I | 6,44** | 0,18 | 7,68** | 0,26 |
| | C | 2,59* | 11,07** | 1,34 | 12,74** |
| | D | 1,87 | 7,66** | 0,97 | 18,52** |
| | I*C | 1,30 | 1,81 | 3,55** | 1,08 |
| | I*D | 2,13 | 0,26 | 2,18 | 0,88 |
| | C*D | 1,05 | 1,11 | 1,82* | 0,68 |
| CV (%) | | 3,08 | 3,11 | 12,15 | 14,29 |
| MÉDIA GERAL | | 335,18 | 283,75 | 8.483 | 9.074 |

[(1)]Teste F: ** e * – significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente. Médias seguidas por mesma letra nas colunas não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey. CV – coeficiente de variação experimental.

Fonte: Dados do próprio autor

De forma semelhante, Kaneko (2013) observou menor massa de cem grãos de milho "segunda safra" em Chapadão do Sul com a inoculação de *Azospirillum brasilense* nas sementes. Portugal et al. (2013) observaram maior massa de mil grãos de milho safrinha na presença de *Azospirillum brasilense* aplicado via foliar em comparação com o tratamento sem inoculação. Portugal et al. (2012) não verificaram diferenças na massa de mil grãos de milho primeira safra com aplicação foliar de *Azospirillum brasilense* em relação ao sem aplicação foliar. Kappes et al. (2013) não observaram acréscimo significativo na massa de mil grãos de milho com a inoculação das sementes com *Azospirillum brasilense*. Santos et al. (2011) ao utilizar sete híbridos associados ou não a inoculação com *Azospirillum brasilense*, verificaram que não houve diferença em nenhum dos híbridos em relação a inoculação para a massa de mil grãos. Basi (2013) relatou que inoculação com *Azospirillum brasilense* não influenciou estatisticamente a massa de mil grãos.

A massa de mil grãos não foi influenciada pelas doses de N no primeiro ano (Tabela 25). Kappes et al. (2013) utilizaram as doses de 0 e 90 kg $ha^{-1}$ de N e não observaram diferenças entre as doses na massa de mil grãos. Kaneko (2013) não obteve diferença na massa de cem grãos de milho em Chapadão do Sul com o aumento da dose de N. Portugal et al. (2012) não observaram acréscimos na massa de mil grãos de milho com a elevação das doses de N.

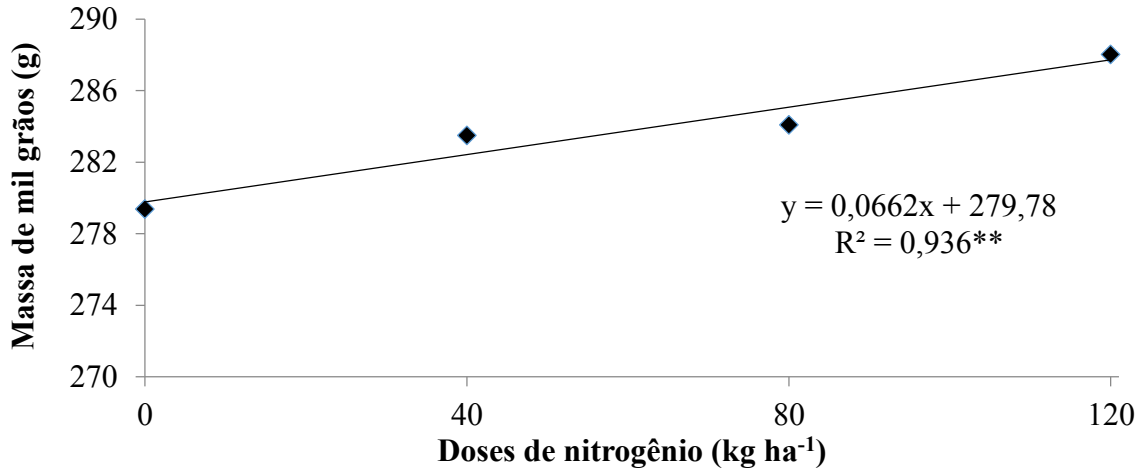
Observando as coberturas vegetais no primeiro ano, verifica-se que no tratamento com crotalária, o valor de massa de mil grãos foi significativamente superior ao pousio, podendo estar associado à imobilização e liberação de N pela crotalária ser mais rápida em relação ao pousio, suprindo a planta com mais N e consequentemente produzindo grãos com massa superior. Em experimento conduzido por Carvalho et al. (2004), com milho em sucessão a mucuna, guandu, milheto, crotalária e pousio (vegetação espontânea com predomínio de *Panicum maximum* e *Brachiaria decumbens*), não houve diferenças na massa de cem grãos de milho entre esses tratamentos. Já Silva et al. (2006b), relataram maior massa de mil grãos de milho em sucessão a crotalária em relação ao pousio (vegetação espontânea constituída predominantemente de capim colonião, trapoeraba, picão preto e corda-de-viola) e ao milheto.

Em relação ao segundo ano, a massa de mil grãos (Tabela 25) evidenciou os tratamentos crotalária e guandu com os maiores valores, as quais diferiram do milheto, milheto + guandu e pousio. Em partes, esse resultado pode ser explicado devido à estreita correlação da massa de mil grãos com o diâmetro de espiga (Tabela 22). Notoriamente, o maior diâmetro de espiga ocorre devido a melhor nutrição da planta, consequentemente,

reflete em maior nutrição dos grãos da espiga. Silva et al (2006a); Kappes et al. (2014) e Valizadeh e Bahrampour (2013) observaram correlação positiva (0,52; 0,43 e 0,56, respectivamente) entre massa de cem/mil grãos e diâmetro de espiga.

A massa de mil grãos refletiu de forma linear positiva com o aumento das doses de N (Figura 14). Pela equação de primeiro grau, observa-se que o incremento de 1 kg $ha^{-1}$ de N proporciona aumento de aproximadamente 0,007 g na massa de mil grãos. Os dados corroboram com Queiroz et al. (2011), que observaram incremento de 0,10 g para cada kg de N aplicado.

**Figura 14 –** Massa de mil grãos em função de dose de nitrogênio em cobertura na cultura do milho. Selvíria – MS, Brasil (Safra 2013/14). Teste F: ** – significativo a 1% de probabilidade.




Fonte: Dados do próprio autor

Quanto a produtividade de grãos de milho, no ano 2012/13 (Tabela 25), foi observado a interação entre inoculação vs coberturas vegetais e entre coberturas vegetais *vs* doses de N aplicadas em cobertura. O desdobramento (Tabela 26) indica que a inoculação com *Azospirillum brasilense* interferiu negativamente na produtividade de grãos de milho, semeado após sob palhada de crotalária e guandu, não ocorrendo nas demais coberturas do solo. Diferentemente do que ocorreu, Kappes et al. (2013) em sistema plantio direto tendo a crotalária antecedendo o milho, observaram maior produtividade com a inoculação das sementes com *Azospirillum* em relação a ausência de inoculação. Na ausência de inoculação, as palhadas de guandu possibilitaram maior produtividade de grãos de milho em relação a palhada de milheto e pousio. Gitti et al. (2012) ao avaliar o arroz de terras altas no sistema plantio direto em sucessão às coberturas vegetais, notaram maior produtividade do arroz em sucessão ao guandu em relação a braquiária.

Como *Azospirillum* também pode consumir N para seu crescimento (TARRAND; KRIEG; DOBEREINER, 1978) e como a crotalária e guandu se decompõem mais rápido por apresentarem menor relação C/N, há a hipótese de que essas coberturas vegetais podem ter liberado N ao milho de forma mais rápida e assim talvez as bactérias possam ter utilizado esse N, indisponibilizando-o as plantas e consequentemente resultando em menor produtividade em relação ao não inoculado. Ferreira et al. (2013), trabalhando com *A. brasilense* e adubação nitrogenada em milho, observaram aumento de 29% na produtividade no tratamento com *Azospirillum brasilense* e nitrogênio, em comparação à adubação nitrogenada sozinha.

**Tabela 26 -** Desdobramento da interação entre inoculação e coberturas vegetais para produtividade de grãos de milho. Selvíria – MS, Brasil (2012/13).

| Inoculação | Coberturas Vegetais | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **Crotalária** | **Guandu** | **Milheto** | **Milh+Crot** | **Milh+Guan** | **Pousio** |
| | **Produtividade (kg ha$^{-1}$)** | | | | | |
| Com | 7.795 b A | 8.299 b A | 8.487 a A | 8.632 a A | 8.164 a A | 8.288 a A |
| Sem | 9.124 a AB | 9.338 a A | 8.159 a B | 8.569 a AB | 8.796 a AB | 8.153 a B |
| DMS | Coberturas dentro de Inoculação: 1.052,80<br>Inoculação dentro de Coberturas: 720,16 | | | | | |

DMS - diferença mínima significativa. Médias seguidas por mesma letra, minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.
Fonte: Dados do próprio autor

Pelo desdobramento entre coberturas vegetais e doses de N (Tabela 27) observa-se que apenas na dose de 80 kg ha$^{-1}$, o tratamento com milheto + crotalária apresentou produtividade superior quando comparado ao milheto + guandu e ao pousio, havendo após palhada de guandu, o ajuste das dose de N numa função linear negativa. Gitti et al. (2012) trabalhando com arroz e Melero et al. (2013) com trigo nas mesmas condições do presente trabalho não observaram interação entre coberturas vegetais e doses de N, porém observaram efeitos isolados desses fatores, em que a produtividade respondeu de forma quadrática ao aumento das doses de N. Melero et al. (2013) verificaram maior produtividade do trigo em sucessão a crotalária, guandu e milheto + crotalária em comparação ao pousio.

Quanto a produtividade de grãos no ano 2013/14 (Tabela 25) destacaram-se os tratamentos com guandu e milheto + crotalária, os quais foram superiores aos obtidos após palhada de milheto, milheto + guandu e pousio. Kramberger et al. (2009), trabalhando com os efeitos das coberturas vegetais, no nitrogênio mineral do solo, na produtividade no teor de nitrogênio no milho, concluíram que os efeitos das culturas de cobertura com leguminosas, na

produtividade do milho em sucessão, foram positivos devido à elevada quantidade de N proveniente da fixação simbiótica.

**Tabela 27 -** Desdobramento da interação entre coberturas vegetais e doses de nitrogênio em cobertura para produtividade de grãos de milho. Selvíria – MS, Brasil (2012/13).

| Coberturas Vegetais | Doses de N (kg ha$^{-1}$) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 0 | 40 | 80 | 120 |
| | Produtividade (kg ha$^{-1}$) | | | |
| Crotalária | 8.278 | 8.760 | 8.111 ab | 8.690 |
| Guandu (1) | 9.459 | 8.811 | 8.965 ab | 7.937 |
| Milheto | 8.427 | 8.527 | 8.179 ab | 8.159 |
| Milheto + Crotalária | 8.401 | 8.181 | 9.438 a | 8.382 |
| Milheto + Guandu | 8.879 | 8.186 | 7.843 b | 9.013 |
| Pousio | 8.772 | 7.962 | 7.884 b | 8.263 |
| DMS | Coberturas dentro de Doses: 1.488,89 | | | |

DMS - diferença mínima significativa. Médias seguidas por mesma letra nas colunas não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ** – significativo a 1% de probabilidade. (1) Y= -11,28x + 9495,29 $R^2$= 0,84**
Fonte: Dados do próprio autor

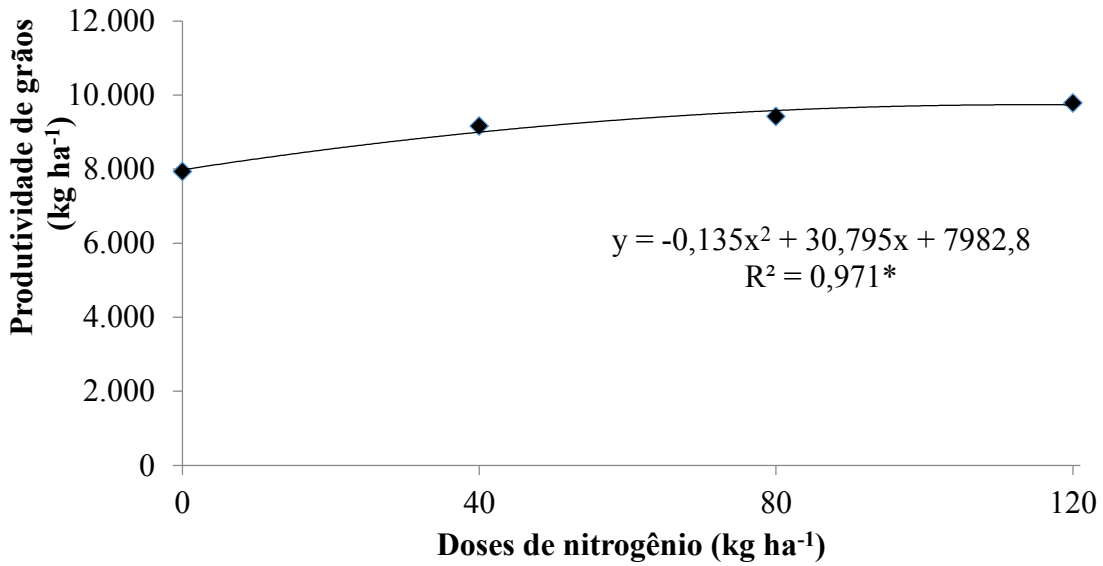
Cazetta, Fornasieri Filho e Girotto (2005), relatam que o uso consorciado de crotalária e o milheto vêm sendo utilizadas como cobertura vegetal na região central do Brasil e têm se destacado devido à tolerância à seca e adaptação às condições edafoclimáticas dessa região. O possível efeito sinérgico do uso consorciado de crotalária com milheto é advindo dos benefícios em particular de cada espécie. Enquanto que a crotalária promove adição de N ao sistema (pela fixação biológica), o milheto tem maior potencial em acumular massa seca (quantidade suficiente de palha sob o solo). A junção dos dois proporciona equilíbrio na decomposição e liberação de nutrientes, pelo fato de alterar a relação C/N no conjunto. Portanto, a junção de leguminosa e gramínea formaria um "par perfeito". Bertin et al. (2005) concluíram que dentre as espécies de cobertura, o milheto produziu mais fitomassa e a crotalária júncea acumulou mais nitrogênio. Ainda, relataram que a produtividade média de grãos de milho foi menor em sucessão ao milheto e maior em sucessão à crotalária.

Percebe-se que o diâmetro de espiga (Tabela 22) e a massa de mil grãos (Tabela 25), foram relevantes e determinantes para, em conjunto, refletirem na maior produtividade. Ou seja, o tratamento com guandu apresentou maior diâmetro de espiga e massa de mil grãos, consequentemente, refletiu em maior produtividade. Rao e Gill (1995) concluíram que a utilização do guandu tem proporcionado benefícios, pelo enriquecimento considerável do solo com nitrogênio, beneficiando diretamente as plantas cultivadas em rotação. Da mesma forma, o tratamento milheto + guandu e o pousio, apresentaram menor diâmetro de espiga e menores valores de massa de mil, proporcionando, assim, menor produtividade. O tratamento com

milheto apresentou valor intermediário quanto ao diâmetro de espiga, no entanto, apresentou massa de mil grãos baixa, o qual obteve menor produtividade. Kappes et al. (2014) comentam que a massa de mil grãos correlacionou-se positivamente com a produtividade. Os autores ressaltam que o aumento de produtividade, favorecida também pela massa de grãos, demonstra a importância desse parâmetro agronômico quando o objetivo é a maximização da produção. Da mesma forma, Valizadeh e Bahrampour (2013), Gazola et al. (2014), Khazaei et al. (2010) e Zarei et al. (2012) também observaram correlação positiva entre massa de mil grãos e produtividade de milho.

Na Figura 15 tem-se a disposição dos dados de produtividade de grãos, sob a influência das doses de N. A produtividade ajustou-se a equação de segundo grau com as doses de N, a qual alcançou o cume de 9.739 kg $ha^{-1}$ com a dose de 114 kg $ha^{-1}$ de N.

**Figura 15 –** Produtividade de grãos em função de dose de nitrogênio em cobertura na cultura do milho. Selvíria – MS, Brasil (Safra 2013/14). Teste F: * – significativo a 5% de probabilidade.




Fonte: Dados do próprio autor

Kappes et al. (2014) e Valderrama et al., (2014), nas mesmas condições do presente estudo, verificaram aumento linear da produtividade com o incremento das doses de N em cobertura. Azeez, Adetunji e Lagoke (2006), trabalhando com doses de N e genótipos de milho em região de Savana, verificaram que a produtividade respondeu de forma linear positiva com o incremento das doses de N. No entanto, Fernandes et al. (2005), Fernandes et al. (1999) e Lange et al. (2006), observaram resposta quadrática da produtividade de milho com o aumento das doses de N. Em área de sistema plantio direto estabilizada, as respostas à

adubação nitrogenada em cobertura são restritas, por a adição continua de material orgânico ao solo promove também a adição de nutrientes, principalmente o N. Nas mesmas condições do presente trabalho, Gitti et al. (2012), observaram produtividade máxima com a dose de 107 kg $ha^{-1}$, com a cultura do arroz e Melero et al. (2013) obtiveram produtividade máxima de trigo com a dose de 113 e 98 kg $ha^{-1}$ de N, para o primeiro e segundo ano de pesquisa, respectivamente.

Nota-se que na média, a produtividade do segundo ano foi superior em relação ao primeiro ano. Como alertado anteriormente, no segundo ano, a população de plantas foi superior em 20% (quase 10.000 plantas) em relação ao primeiro ano, o que, com certeza, refletiu em maior produtividade. Visto que plantas de milho não tem fator de compensação, assim como o feijão, por exemplo, portanto, menor número de plantas em uma mesma área, significa também menor número de espigas, o que está diretamente ligado à produtividade. Von Pinho et al. (2008) descrevem que houve relação linear entre a produtividade de grãos e a densidade de plantas. Pela equação de regressão, constatou-se que para cada aumento de 1.000 plantas $ha^{-1}$ na densidade, foi verificado o acréscimo de 30,4 kg na produtividade de grãos.

Dessa forma, pôr a área do experimento estar desde 1997 sendo cultivada em sistema plantio direto, que há quatro anos vem sendo utilizadas as mesmas plantas de cobertura nos mesmos locais na pré-safra de verão, obteve-se bons resultados de produtividade de milho, havendo influência limitada das doses de N em cobertura em sucessão às plantas de coberturas, com exceção do guandu, no ano 2012/13, que obteve decréscimo de produtividade com aumento da dose de N. Haja vista, que o sistema plantio direto tem como característica a contínua adição superficial de resíduos vegetais, que formam uma cobertura morta e enriquecem as camadas superficiais com matéria orgânica (STONE; SILVEIRA; MOREIRA, 2006). E a matéria orgânica atua como fonte de N inorgânico após a nitrificação (oxidação) de suas proteínas e compostos nitrogenados pelos micro-organismos do solo (CASTRO; KLUGE; PERES, 2005).

## 5 CONCLUSÕES

- As coberturas vegetais, exceto o guandu em 2012/13 e pousio em 2013/14, produziram quantidade adequada de resíduo para manter o sistema plantio direto na região de Cerrado de baixa altitude.

- O consórcio milheto + crotalária possibilita quantidades acumuladas de N e K superiores para ambos os anos de cultivo.

- A boa produtividade de grãos de milho sob resíduos de guandu, se deve ao aumento no diâmetro de espigas e na massa se mil grãos. Assim como a boa produtividade de milho sob milheto + crotalária, se deve ao aumento na massa de plantas, indicando boa nutrição de plantas de milho.

- Nas condições da presente pesquisa, em 2012/13 o guandu possibilitou maior produtividade sem aplicação de N em cobertura. No ano 2013/14, o fornecimento de nitrogênio via fertilizante, possibilitou aumento de produtividade de milho até a dose de 114 kg $ha^{-1}$ de N.

- Para a maioria das avaliações, as respostas com a inoculação de *Azospirillum brasilense* via sementes foram negativas.

## REFERÊNCIAS

AE, N.; ARIHARA, J.; OKADA, K. Phosphorus uptake mechanism of pigeon pea grow in Alfisols and Vertisols. In: JOHANSEN, C.; LEE, K.; SAHRAWAT, T.K. (Ed.). **Phosphorus nutrition of grain legumes in the semi-arid tropics**. Patancheru: ICRISAT, 1991. p. 91-98.

AITA. C.; GIACOMINI, S. J.; CERETTA, C. A. Decomposição e liberação de nutrientes dos resíduos culturais de adubos verdes. In: LIMA FILHO, O. F. L.; AMBROSANO, E. J.; ROSSI, F.; CARLOS, J. A. D. **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil:** fundamentos e práticas. Brasília: Embrapa, 2014. p. 225-264.

ALBUQUERQUE, A. W.; SANTOS, J. R.; MOURA FILHO, G.; REIS, L. S. Plantas de cobertura e adubação nitrogenada na produção de milho em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 7, p. 721-726, 2013.

ALCÂNTARA, F. A.; FURTINI NETO, A. E.; PAULA, M. B. de; MESQUITA, H. A.; MUNIZ, J. A. Adubação verde na recuperação da fertilidade de um Latossolo Vermelho-Escuro degradado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, n. 2, p. 277-288, 2000.

ALMEIDA, V. P. **Sucessão de culturas em preparo convencional e plantio direto em Latossolo Vermelho sob vegetação de cerrado**. 2001. 71 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Sistemas de Produção) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2001.

ALVARENGA, R. C. **Potencialidade de adubos verdes para conservação e recuperação de solos**. 1993. 112 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

ALVARENGA, R. C.; CABEZAS, W. A. L.; CRUZ, J. C.; SANTANA, D. P. Plantas de cobertura de solo para sistema de plantio direto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 22, n. 208, p. 25-36, 2001.

AMABILE, R. F.; FANCELLI, A. L.; CARVALHO, A. M. Absorção de N, P e K por espécies de adubos verdes cultivadas em diferentes épocas e densidades num Latossolo Vermelho-Escuro argiloso sob Cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, n. 4, p. 837-845, 1999.

AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; AITA, C. Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, n. 4, p. 241-248, 2002.

AMARAL FILHO, J. P. R.; FORNASIERI FILHO, D.; FARINELLI, R.; BARBOSA, J. C. Espaçamento, densidade populacional e adubação nitrogenada na cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 3, p. 467-473, 2005.

AMBROSANO, E. J.; CANTARELLA, H.; ROSSI, F.; SCHAMMASS, E. A.; SILVA, E. C.; AMBROSANO, G. M. B.; DIAS, F. L. F.; TREVELIN, P. S. O.; MURAOKA, T. Desempenho de adubos verdes e da primeira soqueira de cana-de-açúcar cultivados

consorciadamente. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Passo Fundo, v. 8, n. 3, p. 80-90, 2013.

ANDRADE, A. C.; FONSECA, D. M.; QUEIROZ, D. S.; SALGADO, L. T.; CECON, P. R. Adubação nitrogenada e potássica em capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum. cv. Napier). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, p.1643-1651, 2003. (Edição Especial). Disponível em: < http://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CCMQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.researchgate.net%2Fprofile%2FAlex_Andrade%2Fpublication%2F228754609_Adubao_nitrogenada_e_potssica_em_capim-elefante_%2528Pennisetum_purpureum_Schum._cv._Napier%2529%2Flinks%2F0deec52722431c2b56000000.pdf&ei=y_E3Vd_7Da7IsQS-i4DwAw&usg=AFQjCNGJQ5VvJw41S8LFKifWVrZibx0iMQ&sig2=rbKPBQF_67Df6yQ4CfQ0RA>. Acesso em: 22 abr. 2015.

ANDRIOLI, I. **Plantas de cobertura em pré-safra na cultura do milho em plantio direto, na região de Jaboticabal-SP**. 2004. 78 f. Tese (Livre Docência) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2004.

ANDRIOLI, I.; BEUTLER, A. N.; CENTURION, J. F.; ANDRIOLI, F. F.; COUNTINHO, E. L. M. Produção de milho em plantio direto com adubação nitrogenada e cobertura do solo na pré-safra. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 4, p. 1691-1698, 2008.

ARAÚJO, L. A. N.; FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. Adubação nitrogenada na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 39, n. 8. p. 771-777, 2004.

ARF, O.; FERNANDES, R. N.; BUZETTI, S.; RODRIGUES, R. A. F.; SÁ, M. E.; ANDRADE, J. A. C. Manejo do solo e época de aplicação de nitrogênio no desenvolvimento e rendimento do milho. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 29, n. 2, p. 211-217, 2007.

ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F.; SANGOI, L. Arranjo de plantas em milho: análise do estado-da-arte. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 6, p. 1075-1084, 2001.

ARGENTA, G.; SILVA, P.R.F. Adubação nitrogenada em milho implantado em semeadura direta após aveia preta. **Ciência Rural**, 2Santa Maria, v. 9, p. 745-754, 1999.

ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F.; BORTOLINI, C. G.; FORSTHOFER, E. L.; STRIEDER, M. L. Relação da leitura do clorofilômetro com os teores de clorofila extraível e de nitrogênio na folha de milho. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Londrina, v. 13, n. 2, p. 158-167, 2001.

AZEEZ, J. O.; ADETUNJI, M. T.; LAGOKE, S. T. O. Response of low-nitrogen tolerant maize genotypes to nitrogen application in a tropical Alfisol in northern Nigeria. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 91, p. 181-185, 2006.

BARROS NETO, C. R. **Efeito do nitrogênio e da inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* no rendimento de grãos de milho**. 2008. 29 f. Trabalho de

Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2008.

BASHAN, Y.; BASHAN, L. E. Plant growth-promoting. In: HILLEL, D. **Encyclopedia of soil in the environment**. Oxford: Elsevier, 2005. p. 103-115.

BASHAN, Y.; HOLGUIN, G Azospirillum - plant relationships: environmental and physiological advances (1990-1996). **Canadian Journal of Microbiology**, Ottawa, v. 43, p. 103-121, 1997.

BASI, S. **Associação de *Azospirillum brasilense* e de nitrogênio em cobertura na cultura de milho**. 2013. 50 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, 2013.

BAVEC, F.; BAVEC, M. Effects of plant population on leaf area index, cob characteristics and grain yield of early maturing maize cultivars (FAO 100 – 400). **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, v. 16, n. 2, p. 151-159, 2002.

BERENGUER, P.; SANTIVERI, F.; BOIXADERA, J.; LOVERAS, J. Nitrogen fertilization of irrigated maize under Mediterranean conditions. **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, v. 30, n. 3, p. 163-171, 2009.

BERTIN, G.; ANDRIOLI, I.; CENTURION, J.F. Plantas de cobertura em pré-safra ao milho em plantio direto. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 27, n. 3, p. 379-386, 2005.

BODDEY, R. M.; BALDANI., V. L. D.; BALDANI, J. I. ; DÖBEREINER, J. Effect of inoculation of Azospirillum spp. on nitrogen accumulation by field-grown wheat. **Plant Soil**, The Hague, v. 95, p.109-121, 1986.

BOOIJ, R.; VALENZUELA, J. L.; AGUILERA, C. Determination of crop nitrogen status using non-invasive methods. In: HAVERKORT, A. J.; MACKERRON, D. K. L. (Ed.). **Management of nitrogen and water in potato production**. The Netherlands: Wageningen Pers, 2000. p. 72-82.

BORTOLINI, C. G.; SILVA, P. R. F.; ARGENTA, G. Sistemas consorciados de aveia preta e ervilhaca comum com cobertura de solo e seus efeitos na cultura do milho em sucessão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 4, p. 897-903, 2000.

BROCH, D.L.; RANNO, S.K. Fertilidade do solo, adubação e nutrição da cultura do milho. In: BROCH, D.L. (Coord.). **Tecnologia de produção**: soja milho. 2008/2009. n.5. Maracaju: Fundação MS, 2008. p.133-141.

BULISANI, E. A.; ROSTON, A. J. Leguminosas: adubação verde e rotação de culturas. In: CURSO SOBRE ADUBAÇÃO VERDE NO INSTITUTO AGRONÔMICO, 1.,1993, Campinas. **Anais...** Campinas: Instituto Agronômico, 1993. p. 13-16. (Documentos IAC, 35).

BUZINARO, T. N.; BARBOSA, J. C.; NAHAS, E. Atividade microbiana do solo em pomar de laranja em resposta ao cultivo de adubos verdes. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 31, n. 2, p. 408-415, 2009.

CALVO, C. L.; FOLONI, J. S. S.; BRANCALIÃO, S. R. Produtividade de fitomassa e relação C/N de monocultivos e consórcios de guandu-anão, milheto e sorgo em três épocas de corte. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 1, p. 77-86, 2010.

CANTARELLA, H. Calagem e adubação do milho. In: BÜLL, L. T.; CANTARELLA, H. (Ed.). **Cultura do milho**: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: POTAFOS, 1993. p.147-185.

CANTARELLA, H.; FURLANI, P. R. Arroz de sequeiro. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; GUAGGIO, J. A.; FURLANI, A.M.C. (Coord.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto agronômico e Fundação IAC, 1996. 285 p.

CARMO, M. S.; CRUZ, S. C. S.; SOUZA, E. J.; CAMPOS, L. F. C.; MACHADO, C. G. Doses e fontes de nitrogênio no desenvolvimento e produtividade da cultura de milho doce (*Zea mays* convar. saccharata var. rugosa). **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, Supl 1, p. 223-231, 2012.

CARNEIRO, R. G.; MENDES, I. C.; LOVATO, P. E.; CARVALHO, A. M.; VIVALDI, L. J. Indicadores biológicos associados ao ciclo do fósforo em solos de cerrado sob plantio direto e plantio convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 39, n. 7, p. 661-669, 2004.

CARVALHO, A.M.; AMABILE, R.F. Plantas condicionadoras de solo: interações edafoclimáticas, uso e manejo. In: CARVALHO, A.M.; AMABILE, R.F. (Org.). **Cerrado**: adubação verde. Brasília: Embrapa, 2006. v.1, p.143-170.

CARVALHO, A.M.; BUSTAMANTE, M.M.C.; ALCÂNTARA, F.A.; RESCK, I.S.; LEMOS, S.S. Characterization by solid-state CPMAS 13C NMR spectroscopy of decomposing plant residues in conventional and no-tillage systems in Central Brazil. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 102, p. 144-150, 2009.

CARVALHO, M. A. C.; SORATTO, R. P.; ATHAYDE, M. L. F.; ARF. O.; SÁ, M. E. Produtividade do milho em sucessão a adubos verdes no sistema de plantio direto e convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 39, n. 1, p. 47-53, 2004.

CARVALHO, R. P.; VON PINHO, R. G.; DAVIDE, L. M. C. Desempenho de cultivares de milho quanto à eficiência de utilização de nitrogênio. **Revista Brasileira de Milho Sorgo**, Sete Lagoas, v. 10, n. 2 108-120, 2011.

CASAGRANDE, J. R. R.; FORNASIERI FILHO, D. Adubação nitrogenada na cultura do milho safrinha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 37, n. 1, p. 33-40, 2002.

CASTRO, P. R. C.; KLUGE, R. A.; PERES, L. E. P. **Manual de fisiologia vegetal**: teoria e prática. Piracicaba: Agronômica Ceres, 2005. 650 p.

CAVALCANTE, V. S.; VALDEVAN, R. S.; SANTOS NETO, A. L.; SANTOS, M. A. L.; SANTOS, C. G.; COSTA, L. C. Biomassa e extração de nutrientes por plantas de cobertura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 5, p. 521-528, 2012.

CAZETTA, D. A.; ARF, O.; BUZETTI, S.; SÁ, M. E.; RODRIGUES, R. F. Desempenho do arroz de terras altas com a aplicação de doses de nitrogênio e em sucessão às culturas de cobertura do solo em sistema de plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 2, p. 471-479, 2008.

CAZETTA, D. A.; FORNASIERI FILHO, D.; GIROTTO, F. Composição, produção de matéria seca e cobertura do solo em cultivo exclusivo e consorciado de milheto e crotalária. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 27, n. 4, p. 575-580, 2005.

CENTURION, J. F. Balanço hídrico da região de Ilha Solteira. **Científica**, São Paulo, v. 10, n. 1, p. 57-61, 1982.

COBO, J. G.; BARRIOS, E.; KASS, D. C. L.; THOMAS, R. J. Decomposition and nutrient release by green manures in tropical hillside agroecosystem. **Plant & Soil**, Ottawa, n. 240, p. 331-342, 2002.

COELHO, A.M. **Manejo da adubação nitrogenada na cultura do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2007. 11 p. (Circular técnica, 96).

COELHO, A. M.; FRANÇA, G. E.; PITTA, G. V. E.; ALVES, V. M. C.; HERNANI, L. C. **Nutrição e adubação da cultura do milho**. Sistemas de produção: EMBRAPA: Milho e Sorgo. 5 ed. set. 2009. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_5_ed/feraduba.htm>. Acesso em: 18 mar. 2014.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos, sexto levantamento**: safra 2013/2014. Brasília, 2014. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_03_12_08_41_24_boletim_graos_marco_2014.pdf. Acesso em: 15 mar. 2014.

CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; QUEIROZ, L. R. **Milho**: cultivares para 2013/2014. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2014. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/milho/cultivares/index.php>. Acesso em: 17 mar. 2014.

CRUZ, S. C. S.; PEREIRA, F. R. S.; SANTOS, J. R.; ALBUQUERQUE, A. W.; PEREIRA, R. G. Adubação nitrogenada para o milho cultivado em sistema plantio direto, no Estado de Alagoas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 1, p. 62-68, 2008.

DALAL, R. C. Nutrient element concentration and dry matter production by filed grow pigeon pea (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) **Tropical Agriculture**, Giuldford, v. 57, n. 2, p. 107-112, 1980.

DARTORA, J.; GUIMARÃES, V. F.; MARINI, D.; SANDER, G. Nitrogen fertilization associated to inoculation with Azospirillum brasilense and Herbaspirillum seropedicae in the maize. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 10, p. 1023-1029, 2013.

DEMATTÊ, J. L. I. **Levantamento detalhado de solos do "Campus Experimental de Ilha Solteira"**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 1980. 44 p.

DOURADO NETO, D.; PALHARES, M.; VIEIRA, P. A.; MANFRON, P. A.; MEDEIROS, S. L. P.; ROMANO, M. R. Efeito da população de plantas e do espaçamento sobre a produtividade de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 2, n. 3, p. 63-77, 2003.

DUARTE, J. O.; CRUZ, J. C.; GARCIA, J. C.; MATTOSO, M. J. **Cultivo do milho**: economia da produção. 6. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2010. (Sistemas de produção, 1).

DWYER, L. M.; ANDERSON, A. M.; MA, B. L.; STEWART, D. W.; TOLLENAAR, M.; GREGORICH, E. Quantifying the nonlinearity in chlorophyll meter response to corn leaf nitrogen concentration. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 75, p. 179-182, 1995.

FALKER. **Manual do medidor eletrônico de teor de clorofila (ClorofiLOG / CFL 1030)**. Porto Alegre: Falker Automação Agrícola, 2008. 33 p.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. 2. ed. Guaíba: Agropecuária, 2004. 360 p.

FANCELLI, A. L. **Boas práticas para o uso eficiente de fertilizantes na cultura do milho**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute Brazil, 2010a. p.1-16. (Informações Agronômicas, 131).

FANCELLI, A. L. Milho. In: PROCHNOW, L. I.; CASARIN, V.; STIPP, S. R. **Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes:** culturas. Piracicaba: IPNI – Brasil, 2010b, p. 39-93.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 360 p.

FAVERO, C.; JUCKSCH, I.; COSTA, L. M.; ALVARENGA, R. C.; NEVES, J. C. L. Crescimento e acúmulo de nutrientes por plantas espontâneas e por leguminosas utilizadas para adubação verde. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, p.171-177, 2000.

FERNANDES, F. C. S.; BUZETTI, S.; ARF, O.; ANDRADE, J. A. C. Doses, eficiência e uso de nitrogênio por seis cultivares de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 4, n. 2, p.195-204, 2005.

FERNANDES, L. A.; VASCONCELLOS, C. A.; FURTINI NETO, A. E.; ROSCOE, R.; GUEDES, G. A. A. Preparo do solo e adubação nitrogenada na produção de grãos e matéria seca e acúmulo de nutrientes pelo milho**. Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 34, n. 9, p. 1691-1698, 1999.

FERRARI NETO, J.; CRUSCIOL, A. A. C.; SORATTO, R. P.; COSTA, C. H. M. Consórcio de guandu-anão com milheto: persistência e liberação de macronutrientes e silício da fitomassa. **Bragantia**, Campinas, v. 71, n. 2, p. 264-272, 2012.

FERRARI NETO, J.; CRUSCIOL, A. A. C.; SORATTO, R. P.; COSTA, C. H. M. Plantas de cobertura, manejo da palhada e produtividade da mamoeira no sistema plantio direto. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 42, n. 4, p. 978-985, 2011.

FERREIRA, A. S.; PIRES, R. R.; RABELO, P. G.; OLIVEIRA, R. C.; LUZ, J. M. Q.; BRITO, C. H. Implications of *Azospirillum brasilense* inoculation and nutriente addition on maize in soils of the Brazilian Cerrado under greenhouse and field conditions. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 72, p. 103-108, 2013.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Symposium**, Recife, v. 6, p. 36-41, 2008.

FERREIRA, L. E.; SOUZA, E. P.; CHAVES, A. F. Adubação verde e seu efeito sobre os atributos do solo. **Revista Verde**, Pombal, v. 7, n. 1, p. 33-38, 2012.

FOLONI, J. S. S.; GARCIA, R. A.; TIRITAN, C. S.; SILVA, A. S. J. Adubação nitrogenada e qualidade dos restos vegetais de milheto e aveia preta. **Agrarian**, Dourados, v. 1, n. 2, p. 45-57, 2008.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION-FAO. **Faostat 2013**: production crops. Roma: FAO, 2013. Disponível em: <http://faostat.fao.org>. Acesso em: 30 out. 2014.

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

FRANÇA, S.; MIELNICZUK, J.; ROSA, L. M.; BERGAMASCHI, H.; BERGONCI, J. I. Nitrogênio disponível ao milho: crescimento, absorção e rendimento de grãos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental,** Campina Grande, v. 15, n. 11, p. 1143-1151, 2011.

FULCHIERI, M.; FRIONI, L. A***zospirillum*** inoculation on maize ***(Zea mays):*** effect on yield in a field experiment in central Argentina. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 26, n. 7, p. 921-923, 1994.

GABRIEL, J. L.; QUEMADA, M. Replacing bare fallow with cover crops in a maize cropping system: Yield, N uptake and fertiliser fate. **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, v. 34, n. 3, p.133-143, 2011.

GAVA, G. J. C.; OLIVEIRA, M. W.; SILVA, M. A.; JERÔNIMO, E. M.; CRUZ, J. C. S.; TRIVELIN, P. C. O. Produção de fitomassa e acúmulo de nitrogênio em milho cultivado com diferentes doses de 15N-uréia. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, n. 4, p. 851-862, 2010.

GAZOLA, D.; ZUCARELI, C.; SILVA, R. R.; FONSECA, I. C. B. Aplicação foliar de aminoácidos e adubação nitrogenada de cobertura na cultura do milho safrinha. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 7, p. 700-707, 2014.

GITTI, D. C. **Coberturas vegetais, doses de nitrogênio e inoculação de sementes com *azospirillum brasilense* em arroz de terras altas no sistema plantio direto**. 2012. 85 f.

Dissertação (Mestrado em Agronomia - Sistemas de Produção) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira. 2012.

GITTI, D.C.; ARF, O.; PORTUGAL, J.;R.; CORSINI, D. C. D. C.; RODRIGUES, R. A. F.; KANEKO, F. H. Coberturas vegetais, doses de nitrogênio e inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* em arroz de terras altas no sistema plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 71, n. 4, p. 509-517, 2012.

GOMES, R. F.; SILVA, A. G.; ASSIS, R. L.; PIRES, F. R. Efeito de doses e da época de aplicação de nitrogênio nos caracteres agronômicos da cultura do milho sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 5, p. 931-938, 2007.

GRASSI FILHO, H. Funções do nitrogênio e enxofre nas plantas. In: VALE, D. W.; SOUSA, J. I.; PRADO, R. M. **Manejo da fertilidade do solo e nutrição de plantas.** Jaboticabal: FCAV, 2010. p. 187-198.

GREEN, V. S.; STOTT, D. E.; CRUZ, J. C.; CURI, N. Tillage impacts on soil biological activity and aggregation in a Brazilian Cerrado Oxisol, **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 92, n.1-2, p. 114–121, 2007.

HECKLER, J. C.; SALTON, J. C. **Palha**: fundamento do Sistema Plantio Direto. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2002. 26 p.

HUNGRIA, M**. Inoculação com *Azospirillum brasilense*: inovação em rendimento a baixo custo**. Londrina: Embrapa Soja, 2011. 37 p. (Documentos, 325).

INIGUEZ, A.L.; DONG, Y.; TRIPLETT, E.W. Nitrogen fixation in wheat provided by Klebsiella pneumoniae 342. **Molecular Plant Microbe Interactions**, Saint Paul, v. 17, p. 1078-1085, 2004.

JENSEN, L. S.; SALO, T.; PALMASON, F.; BRELAND, T. A.; HENRIKSEN, T. M.; STENBERG, B.; PEDERSEN, A.; LUNDSTRÖM, C.; ESALA, M. Influence of biochemical quality on C and N mineralization from a broad variety of plant materials in soil. **Plant and Soil**, Ottawa, n. 273, p. 307-326, 2005.

JORDÃO, L. T.; LIMA, F. F.; LIMA, R. S.; MORETTI, P. A. E.; PEREIRA, H. V.; MUNIZ, A. S.; OLIVEIRA, M. C. N. Teor relativo de clorofila em folhas de milho inoculado com *Azospirillum brasilense* sob diferentes doses de nitrogênio e manejo com braquiária. In: FERTBIO, 2010, Guarapari. **Anais...** Viçosa: SBCS, 2010.

KANEKO, F. H. **Inoculação com *Azospirillum brasilense*, fontes e doses de nitrogênio na cultura do milho em duas épocas de semeadura**. 2013. 103 f. Tese (Doutorado em Sistemas de Produção) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2013.

KAPPES, C. **Coberturas vegetais, manejo do solo e doses de nitrogênio em cobertura na cultura do milho**. 2012. 204 f. Tese (Doutorado em Agronomia - Sistemas de Produção) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2012.

KAPPES, C. Utilizações e benefícios da crotalária na agricultura. **Panorama Rural**, São Paulo, n. 147, p. 16-17, 2011.

KAPPES, C.; ARF, O.; ANDRADE, J. A. C. Coberturas vegetais, manejo do solo, doses de nitrogênio e seus efeitos na nutrição mineral e nos atributos agronômicos do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 37, n. 5, p. 1322-1333, 2013a.

KAPPES, C.; ARF, O.; ANDRADE, J. A. C. Produtividade do milho em condições de diferentes manejos do solo e de doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, n. 5, p. 1310-1321, 2013b.

KAPPES, C.; ARF, O.; ARF, M. V.; FERREIRA, J. P.; DAL BEM, E. A.; PORTUGAL, J. R. ; GONÇALVES, R. V. Inoculação de sementes com bactéria diazotrófica e aplicação de ureia em cobertura e via foliar na cultura do milho. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 29, 2012, Águas de Lindóia. **Anais...** Águas de Lindóia: Embrapa-CNPMS, 2012. CD-ROM.

KAPPES, C.; ARF, O.; DAL BEM, E. A.; PORTUGAL, J. R.; GONZAGA, A. R. Manejo do nitrogênio em cobertura na cultura do milho em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 13, n. 2, p. 201-217, 2014.

KAPPES, C.; ORF, O.; ARF, M.V.; FERREIRA, J.P.; DAL BEM, E.A.; PORTUGAL, J.R.; VILELA, R.G. Inoculação de sementes com bactéria diazotrófica e aplicação de nitrogênio em cobertura e foliar em milho. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 2, p. 527-538, 2013.

KHAZAEI, F.; ALIKHANI, M.A.; YARI, L.; KHANDAN, A. Study the correlation, regression and path coefficient analysis in sweet corn (*Zea mays* var. *saccharata*) under different levels of plant density and nitrogen rate. **Journal of Agricultural and Biological Science**, New Mal, v. 5, n. 6, p. 14-19, 2010.

KRAMBERGER, B.; GSELMAN, A.; JANZEKOVIC, M.; KALIGARIC, M.; BRACKO, B. Effects of cover crops on soil mineral nitrogen and on the yield and nitrogen content of maize. **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, v. 31, p. 103-109, 2009.

LAL, R. Long-term tillage and maize monoculture effects on a tropical Alfisol in Western Nigeria. II. Soil chemical properties. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 42, n. 3, p.161-174, 1997.

LANGE, A.; CARVALHO, J. L. N.; DAMIN, V.; CRUZ, J. C.; GUILHERME, L. R. G.; MARQUES, J. J. Doses de nitrogênio e de palha em sistema plantio direto de milho no Cerrado. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 53, n. 305, p. 171-178, 2006.

LEAL, A. J. F.; LAZARINI, E.; RODRIGUES, L. R.; MARCANDALLI, H. Adubação nitrogenada para milho com o uso de plantas de cobertura e modos de aplicação de calcário. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 37, n. 2, p. 491-501, 2013.

LEEGOOD, R. C. Primary photosynthate production: physiology and metabolism. In: ZAMSKI, E.; SCHAFFER, A.A. **Photoassimilate distribution in plants and crops. Source-sink relationships**. New York: Marcel Dekker, 1996. p. 21-42.

LOPES, A. S.; WIETHÖLTER, S.; GUILHERME, L. R. G.; SILVA, C. A. **Sistema plantio direto:** bases para o manejo da fertilidade do solo. São Paulo: ANDA, 2004. 110 p.

LOURENTE, E. R. P.; ONTOCELLI, R.; SOUZA, L. C. F.; GONÇALVES, M. C.; MARCHETTI, M. E.; RODRIGUES, E. T. Culturas antecessoras, doses e fontes de nitrogênio nos componentes de produção do milho. **Acta Scientiarum Agronomy**., Maringá, v. 29, n. 1, p. 55-61, 2007.

MACHADO, P. L. O. A.; SILVA, C. A. Soil management under no-tillage systems in the tropics with special reference to Brazil. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 61, n. 1-2, p. 119-130, 2001.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M. **Cultivo do milho**: ecofisiologia. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2000. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Milho/CultivodoMilho/ecofisiologia.htm#v12> Acesso em: 6 mar 2014.

MAJEROWICZ, N.; PEREIRA, J. M. S.; MEDICI, L. O.; BISON, O.; PEREIRA, M. B.; SANTOS JÚNIOR, U. M. Estudo da eficiência de uso do nitrogênio em variedades locais e melhoradas de milho. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 25, n. 2, p. 129-136, 2002.

MALAVOLTA, E. **ABC da análise de solos e folhas:** amostragem, interpretação e sugestões de adubação. São Paulo: Agronômica Ceres, 1992. 124 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações.** Ed. 2. Piracicaba: Potafos, 1997. 319 p.

MELERO, M. M.; GITTI, D. C.; ARF, O.; RODRIGUES, R. A. F. Coberturas vegetais e doses de nitrogênio em trigo sob sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 43, n. 4, p. 343-353, 2013.

MELO, W. M. C.; VON PINHO, R. G.; VON PINHO, E. V. R.; CARVALHO, M. L. M.; FONSECA, A. H. Parcelamento da adubação nitrogenada sobre o desempenho de cultivares de milho para produção de silagem. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 23, n. 3, p. 608-616, 1999.

MENDONÇA, M. M.; URQUIAGA, S. S.; REIS, V. M. Variabilidade genotípica de milho para acumulação de nitrogênio e contribuição da fixação biológica de nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 11, p. 1681-1685, 2006.

MENEZES, L. A. S.; LEANDRO, W. M. Avaliação de espécies de coberturas do solo com potencial de uso em sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 34, n. 3, p. 173-180, 2004.

MOREIRA, F. M. S.; SILVA, K.; NÓBREGA, R. S. A.; CARVALHO, F. Bactérias diazotróficas associativas: diversidade, ecologia e potencial de aplicações. **Comunicata Scientiae**, Teresina, v. 1, n. 2, p. 74, 2010.

MTAMBANENGWE, F.; MAPFUMO, P.; VANLAUWE, B. Comparative short-term effects of different quality organic resources on maize productivity under two different environments in Zimbabwe. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Dordrecht, v. 76, n. 2-3 , p. 271–284, 2006.

MULLINS, G. L.; ALLEY, S. E.; REEVES, D. W. Tropical maize response to nitrogen and starter fertilizer under strip and conventional tillage systems in southern Alabama. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 45, n. 1-2, p.1–15, 1998.

NASCIMENTO, F. M.; BICUDO, S. J.; FERNANDES, D. M.; RODRIGUES, J. G. L.; FERNANDES, J. C. Diagnose foliar em plantas de milho em sistema de semeadura direta em função de doses e épocas de aplicação de nitrogênio**. Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, Guarapuava, v. 5, n. 1, p. 67-86, 2012.

NASCIMENTO, J. T.; SILVA, I. F.; SANTIAGO, R. D.; SILVA NETO, L. F. Efeito de leguminosas nos atributos físicos e carbono orgânico de um Luvissolo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 5, p. 825-831, 2005.

NOVAKOWISKI, J. H.; SANDINI, J. E.; FALBO, M. K.; MORAES, A.; CHENG, N.C. Efeito residual da adubação nitrogenada e inoculação de *Azospirillum brasilense* na cultura do milho. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 1, p. 1687-1698, 2011.

OHLAND, R. A. A.; SOUZA, L. C. F.; HERNANI, L. C.; MARCHETTI, M. E.; GONÇALVES, M. C. Culturas de cobertura do solo e adubação nitrogenada no milho em plantio direto. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 3, p. 538-544, 2005.

OIKEH, S. O.; KLING, J. G.; HORST, W. J.; CHUDE, V. O.; CARSKY, R. J. Growth and distribution of maize roots under nitrogen fertilization in plinthite soil. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 62, n. 1, p. 1-13, 1999.

OKON, Y.; VANDERLEYDEN, J. Root-associated Azospirillum species can stimulate plants. **Applied and Environment Microbiology**, Washington, v. 6, n. 7, p. 366-370, 1997.

OLIVEIRA, E. L.; PAVAN, M. A. Control of soil acidity in no-tillage system for soybean production. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 38, p. 47‑57, 1996.

OLIVEIRA, S. A. Análise foliar. In: SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado:** correção do solo e adubação. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 245-256.

PARTELLI, F. L.; VIEIRA, H. D. V.; FERREIRA, E. P. B.; VIANA, A. P.; ESPINDOLA, J. A. A.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M. Fixação biológica de nitrogênio e ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura e seus efeitos sobre café Conilon orgânico. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 3, p. 995-1006, 2011.

PASQUALETO, A.; COSTA, L. M. Influência de sucessão de culturas sobre características agronômicas do milho (*Zea mays* L.) em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 31, n. 1, p. 61-64, 2001.

PELÁ, A. **Uso de plantas de cobertura em pré-safra e seus efeitos nas propriedades físicas do solo e na cultura do milho em plantio direto na região de Jaboticabal-SP.** 2002.

Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2002.

PERIN, A.; SANTOS, R. H. S.; CABALLERO, S. S. U.; GUERRA, J. G. M.; GUSMÃO, L. A. Acúmulo e liberação de P, K, Ca e Mg em crotalária e milheto solteiros e consorciados. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 57, n. 2, p. 274-281, 2010.

PERIN, A.; SANTOS, R. H. S.; URQUIAGA, S.; GUERRA, J. G. M.; CECON, P. R. Produção de fitomassa, acúmulo de nutrientes e fixação biológica de nitrogênio por adubos verdes em cultivo isolado e consorciado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 39, n. 1, p. 35-40, 2004.

PIMENTEL, C. **Metabolismo de carbono na agricultura tropical**. Rio de Janeiro: Seropédica, Edur, 1998. 150 p.

PINTO JUNIOR, A. S.; GUIMARÃES, V. F.; RODRIGUES, L. F. O. S.; OFFEMANN, L. C.; COSTA, A. C. R. R.; SILVA, M. B.; DRANSKI, J. A. L.; BANDEIRA, K. B.; PEDROSA, F. O.; SOUZA, E. M. Resposta a inoculação de estirpes de *Azospirillum brasilense* na cultura do milho na Região Oeste do Paraná. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 29., 2012, Águas de Lindóia. **Anais...** Águas de Lindóia: Embrapa-CNPMS, 2012. p.1-7.

PORTUGAL, J. R.; ARF, O.; LONGUI, W. V.; GITTI, D. C.; BARBIERI, M. K. F.; GONZAGA, A. R.; TEIXEIRA, D. S. Inoculação com *Azospirillum brasilense* via foliar associada à doses de nitrogênio em cobertura na cultura do milho. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 29., 2012, Águas de Lindóia-SP. **Anais...** Campinas: IAC-ABMS, 2012. v.1., p.1413-1419.

PORTUGAL, J.R.; ARF, O.; PERES, A.R.; FRANCO, A.A.; GITTI, D.C. Inoculação via foliar com *Azospirillum brasilense* associada a doses de nitrogênio em cobertura na cultura do milho safrinha. In: SEMINÁRIO NACINAL DE MILHO SAFRINHA, 13., 2013, Dourados. **Anais...** Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2013. p.1-4. CD-ROM.

QUEIROZ, A. M.; SOUZA, C. H. E.; MACHADO, V. J.; LANA, R. M. Q.; ORNDORFER, G. H.; SILVA, A. A. Avaliação de diferentes fontes e doses de nitrogênio na adubação da cultura do milho (*Zea mays* L.). **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 10, n. 3, p. 257-266, 2011.

RAIJ, B. van.; QUAGGIO, J. A. **Métodos de análises de solo para fins de fertilidade**. Campinas: IAC, 1983. p. 1-31. (Boletim técnico do Instituto Agronômico, 81).

RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agronômico, 1996. 285 p. (Boletim técnico, 100).

RAMBO, L.; SILVA, P. R. F. da; ARGENTA, G.; SANGOI, L. Parâmetros de planta para aprimorar o manejo da adubação nitrogenada de cobertura em milho. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 5, p.1637-1645, 2004.

RAMIREZ-GARCIA, J.; GABRIEL, J. L.; ALONSO-AYUSO, M.; QUEMADA, M. Quantitative characterization of five cover crop species. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 10, n.1, p. 1-14.

RAO, D. L. N.; GILL, H. S. Biomass production and nutrient recycling throuch litter from pigeonpea (*Cajanus cajan* L. Millsp.). **Bioresource Technology**, Amsterdam, v. 54, p. 123-128, 1995.

REPKE, R. A.; CRUZ, S. J. S.; SILVA, C. J.; FIGUEIREDO, P. G.; BICUDO, S. J. Eficiência da *Azospirillum brasilense* combinada com doses de nitrogênio no desenvolvimento de plantas de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 12, n. 3, p. 214-226, 2013.

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

ROBERTO, V. M. O.; SILVA, C. D.; LOBATO, P. N. Resposta da cultura do milho a aplicação de diferentes doses de inoculante (*Azospirillum brasilense*) via semente. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 28, 2010, Goiânia. **Anais…** Goiânia: Embrapa, 2010. CD-ROM.

ROSOLEM, C. A.; CALONEGO, J. C. Phosphorus and potassium budget in the soil–plant system in crop rotations under no-till. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 126, p. 127-133, 2013.

SANGOI, L.; ALMEIDA, M. L.; GRACIETTI, M. A.; HORN, D.; SCHWEITZER, C. SCHMITT, A.; BIANCHET, P. Rendimento de grãos, produção e distribuição de massa seca de híbridos de milho em função do aumento da densidade de plantas. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 11, n. 1, p. 25-31, 2005.

SANGOI, L.; SILVA, P. R. F.; SILVA, A. A.; ERNANI, P. R.; HORN, D.; STRIEDER, M. L.; SCHMITT, A.; SCHWEITZER, C. Desempenho agronômico de cultivares de milho em quatro sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 5, n. 2, p. 218-231, 2006.

SANTOS, A. J. M.; GAMERO, C. A.; BACKES, C.; SALOMÃO, L. C.; BICUDO, S. J. Desempenho de discos de corte de semeadora-adubadora em diferentes quantidades de cobertura vegetal. **Revista Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 25, n. 4, p.17-30, 2010.

SANTOS, H. P.; TOMM, G. O.; KOCHHANN, R. A. Rendimento de grãos de milho em função de diferentes sistemas de manejo de solo e de rotação de culturas. **Revista Brasileira Agrociência**, Pelotas, v. 9, n. 3, p. 251-256, 2003.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília: Embrapa, 2013. 353 p.

SANTOS, K. C.; NOVAKOWISKI, J. H.; BAZZANEZI, A. N.; NOVAKOWISKI, J. H.; PECENTCHUK, F.; SANDINI, I. E. Efeito da inoculação de *Azospirillum brasilense* sobre a produtividade e massa de mil grãos de diferentes híbridos de milho. In: SEMANA DE

INTEGRAÇÃO, ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, 2., 2011, Guarapuava. **Anais...** Guarapuava: UNICENTRO, 2011. p.1-4.

SILVA, A. A.; GALON, L.; FERREIRA, F. A.; TIRONI, S. P.; FERREIRA, E. A.; SILVA, A. F.; ASPIAZÚ, I.; AGNES, E. L. Sistema de plantio direto na palhada e seu impacto na agricultura brasileira. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 56, n. 4, p. 496-506, 2009.

SILVA, A. G. S.; CRUSCIOL, C. A. C.; SORATTO, R. P.; COSTA, C. H. M.; FERRARI NETO, J. Produção de fitomassa e acúmulo de nutrientes por plantas de cobertura e cultivo da mamona em sucessão no sistema plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 10, p. 2092-2098, 2010.

SILVA, D. A.; VITORINO, A. C. T.; SOUZA, L. C. F.; GONÇALVES, M. C.; ROSCOE, R. Culturas antecessoras e adubação nitrogenada na cultura do milho, em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 5, n. 1, p. 75-88, 2006a.

SILVA, E. C.; FERREIRA, S. M.; SILVA, G. P.; ASSIS, R. L.; GUIMARÃES, G. L. Épocas e formas de aplicação de nitrogênio no milho sob plantio direto em solo de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, p. 725-733, 2005.

SILVA, E. C.; MUKAOKA, T.; GUIMARÃES, G. L.; BUZETTI, S. Acúmulo de nutrientes em plantas de cobertura e no milho cultivado em sucessão sob diferentes doses de nitrogênio em plantio direto. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 5, n. 2, p. 202-217, 2006c.

SILVA, E. C.; 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.

SILVA, E. C.; MURAOKA, T.; BUZETTI, S.; GUIMARÃES, G. L.; TRIVELIN, P. C. O.; VELOSO, M. E. C. Utilização do nitrogênio (15N) residual de coberturas de solo e da ureia pela cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, n. 6, p. 965-974, 2006a.

SILVA, E. C.; 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, DF,v. 41, n.3, p. 477-486, 2006b.

SILVA, E. C.; MURAOKA, T.; VILLANUEVA, F. C. A.; ESPINAL, F. S. C. Aproveitamento de nitrogênio pelo milho, em razão da adubação verde, nitrogenada e fosfatada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 44, n. 2, p. 118-127, 2009.

SILVA, E. C.; SILVA, S. C.; BUZETTI, S.; TARSITANO, M. A. A.; LAZARINI, E. Análise econômica do estudo de níveis e épocas de aplicação de nitrogênio na cultura de milho no sistema plantio direto em solo de cerrados. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO RURAL, 5., 2001, Goiânia. **Anais...** Goiânia: ABAR. CD-ROM.

SILVA, L. S.; BOHNEN, H.; MARCOLIN, E.; MACEDO, V. R. M.; POCOJESKI, E. Resposta a doses de nitrogênio e avaliação do estado nutricional do arroz irrigado. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 13, n. 2, p. 189-194, 2007.

SILVA, P. R. A.; BENEZ, H. ;JASPER, S. P.; SEKI, A. S.; MASIERO, F. C.; RIQUETTI, N. B. Semeadora-adubadora: Mecanismos de corte de palha e cargas verticais aplicadas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v. 16, n. 12, p. 1367-1373, 2012.

SOARES, F. N. **Leguminosas forrageiras**. 2009. 36 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Medicina Veterinária) - Universidade Federal do Pará, Castanhal, 2009.

SORATTO, R. P.; CARVALHO, M. A. C.; ARF, O. Teor de clorofila e produtividade do feijoeiro em razão da adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 39, n. 9, p. 895-901, 2004.

SORATTO, R. P.; CRUSCIOL, C. A. C.; COSTA, C. H. M.; FERRARI NETO, J.; CASTRO, G. S. A. Produção, decomposição e ciclagem de nutrientes em resíduos de crotalária e milheto, cultivados solteiros e consorciados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 47, n. 10, p. 1462-1470, 2012.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado:** correção do solo e adubação. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 416 p.

SOUZA, E. D.; COSTA, S. E. V. G. A.; ANGHINONI, I.; CARNEIRO, M. A. C.; MARTINS, A. P.; BAYER, C. Soil quality indicators in a Rhodic Paleudult under long term tillage systems. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 139, n.1, p. 28-36, 2014.

SOUZA, E. F. C.; SORATTO, R. P. Efeito de fontes e doses de nitrogênio em cobertura, no milho safrinha, em plantio direto. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 5, n. 3, p. 395-405, 2006.

SOUZA, G. B.; BERNARDI, A. C. C.; MONTE, M. B. M.; PAIVA, P. R. P. Produtividade e qualidade da silagem de milho adubado com a mistura de ureia e zeólita. In: FERTBIO 2008, Londrina. **Anais...** Fertbio, 2008. CD ROM.

SOUZA, J. A.; BUZETTI, S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; ANDREOTTI, M.; SÁ, M. E.; ARF, O. Adubação nitrogenada na cultura do milho safrinha irrigado em plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 2, p.447-454, 2011.

STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M.; MOREIRA, J. A. A. **Atributos físico-hídricos do solo sob plantio direto**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. 39 p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918 p.

TARRAND, J. J.; KRIEG, N. R.; DÖBEREINER, J. A taxonomic study of the Spirillum lipoferum group, with descriptions of a new genus, Azospirillum gen. nov. and two species, Azospirillum lipoferum (Beijerinck) comb. nov. and *Azospirillum brasilense* sp. nov. **Canadian Journal of Microbiology**, Ottawa, v. 24, n. 8, p. 967-980, 1978.

TEIXEIRA, C. M.; CARVALHO, G. J.; ANDRADE, M. J. B.; SILVA, C. A.; PEREIRA, J. M. Decomposição e liberação de nutrientes das palhadas de milheto e milheto + crotalária no

plantio direto do feijoeiro. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 31, n. 4, p. 647-653, 2009.

TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G.; ANDRIOLI, I.; POLIDORO, J. C.; FABIAN, A. J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura em um solo de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 4, p. 609-618, 2005.

TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G.; FABIAN, A. J. Produção de fitomassa por plantas de cobertura e mineralização de seus resíduos em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Goiânia, v. 3, p. 421-428, 2008.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE – USDA. **Prospects for China's corn yield**. Washington: USDA, 2014. Disponível em: http://www.ers.usda.gov/publications/fds-feed-outlook/fds14d-1.aspx#.VEj3HyLF8Z5. Acesso em: 30 out. 2014.

VALDERRAMA, M.; BUZETTI, S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; BENETT, C. G. S.; ANDREOTTI, M. Adubação nitrogenada na cultura do milho com ureia revestida por diferentes fontes de polímeros. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 35, n. 2, p. 659-670, 2014.

VALIZADEH, H.; BAHRAMPOUR, T. Analysis of Correlation Coefficients between Grain Yield and its Components in Average and Late-Rripening Hybrids of Grain Maize *(Zea mays L.*). **International Journal of Agronomy and Plant Production**, London, v. 4, n. 12, p. 3377-3383, 2013.

VARGAS, V. P.; SANGOI, L.; ERNANI, P. R.; SIEGA, E.; CARNIEL, G.; FERREIRA, M. A. Os atributos nas folhas são mais eficientes que o N mineral no solo para avaliar a disponibilidade desse nutriente para o milho. **Bragantia**, Campinas, v. 71, n. 2, p. 245-255, 2012.

VELOSO, M. E. C.; DUARTE, S. N.; DOURADO NETO, D.; MIRANDA, J. H.; SILVA, E. C.; SOUSA, V. F. Doses de nitrogênio na cultura do milho, em solos de várzea, sob sistema de drenagem subterrânea**. Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 5, n. 3, p. 382-394, 2006.

VIANA, E. M.; KIEHL, J. C. Doses de nitrogênio e potássio no crescimento do trigo. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 4, p. 975-982, 2010.

VIANA, J. H. M.; CRUZ, J. C.; ALVARENGA, R. C.; SANTANA, D. P. Manejo do solo para a cultura do milho. In: CRUZ, J. C.; KARAM, D.; MONTEIRO, M. A. R.; MAGALHÃES, P. C. (Ed.). **A cultura do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2008. p. 99-129.

VIEIRA, E. L.; SOUZA, G. S.; SANTOS, A. R.; SILVA, J. S. **Manual de fisiologia vegetal**. São Luiz: Ed. da UFMA, 2010. 230 p.

VILELA, R. G.; ARF, O.; GITTI, D.D.C.; KAPPES, C.; GOES, R. J.; DAL BEM, E. A.; PORTUGAL, J. R. Manejos do milheto e doses de nitrogênio na cultura do milho em sistema

plantio direto. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 11, n. 3, p. 234-242, 2012.

VON OSTERROHT, M. O que é uma adubação verde: princípios e ações. **Agroecologia Hoje**, Botucatu, n.14, p. 9-11, 2002.

VON PINHO, R. G.; GROSS, M. R.; STEOLA, A. G.; MENDES, M. Adubação nitrogenada, densidade e espaçamento de híbridos de milho em sistema plantio direto na região sudeste do Tocantins, **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 3, p. 733-739, 2008.

WEILER, D. A. **Decomposição de resíduos culturais de plantas de cobertura de solo e emissões de óxido nitroso**. 2012. 72 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Ciência do Solo) - Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

WIJNBERG, C.; WHITEMAN, P. C. Effects of stocking rate of goats and stage of crop growth when grazed on grain yield and goat production from pigeon pea (Cajanus cajan). **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Melbourne, v. 25, n. 4, p. 796-805, 1985.

WUTKE, E. B.; CALEGARI, A.; WILDNER, L. P. Espécies de adubos verdes e plantas de cobertura e recomendações para seu uso. In: LIMA FILHO, O. F. L.; AMBROSANO, E. J.; ROSSI, F.; CARLOS, J. A. D. **Adubação verde e plantas de cobertura no brasil:** fundamentos e práticas. Brasília: Embrapa, 2014. p. 59-168.

YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. Como melhorar a eficiência da adubação nitrogenada do milho? **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 91, p.1-5, 2000.

ZAIED, K. A.; EL-HADY, A. H.; AFIFY, A. H. ; NASSEF, M. A. Yield and nitrogen assimilation of winter wheat inoculated with new recombinant inoculants of rhizobacteria. **Pakistan Journal Biology Science**, Pakistan, n. 4, v. 6, p. 344-358, 2003.

ZAREI, B.; KAHRIZI, D.; ABOUGHADAREH, A. P.; SADEGHI, F. Correlation and path coefficient analysis for determining interrelationships among grain yield and related characters in corn hybrids (*Zea mays* L.). **International Journal of Agriculture and Crop Sciences,** London, v. 4, n. 20, p. 1519-1522, 2012.

# APÊNDICE – FOTOS DO EXPERIMENTO

**Figura 16 -** Amostragem de solo da área experimental (esquerda) e semeadura das coberturas vegetais (direita). Selvíria – MS, Brasil (2012/13 e 2013/14).

Fonte: Dados do próprio autor

**Figura 17 –** Irrigação por "canhões" logo após a semeadura das coberturas vegetais (esquerda) e emergência do guandu (direita). Selvíria – MS, Brasil (2012/13 e 2013/14).

Fonte: Dados do próprio autor

**Figura 18 –** Emergência do consórcio milheto (esquerda) e emergência da milheto + guandu (direita). Selvíria – MS, Brasil (2012/13 e 2013/14).

Fonte: Dados do próprio autor

**Figura 19 -** Emergência do consórcio milheto + crotalária (esquerda) e emergência da crotalária (direita). Selvíria – MS, Brasil (2012/13 e 2014/14).

Fonte: Dados do próprio autor

**Figura 20 –** Parcela do pousio (esquerda) e pousio (direita) aos 44 DAE. Selvíria – MS, Brasil (2012/13 e 2014/14).

Fonte: Dados do próprio autor

**Figura 21 -** Parcela de consórcio milheto + guandu (esquerda) e milheto (direita) aos 44 DAE. Selvíria – MS, Brasil (2012/13 e 2014/14).

Fonte: Dados do próprio autor

**Figura 22 -** Parcela de guandu (esquerda) e consórcio milheto + crotalária (direita) aos 44 DAE. Selvíria – MS, Brasil (2012/13 e 2014/14).

Fonte: Dados do próprio autor

**Figura 23 –** Parcela de guandu (esquerda) aos 44 DAE momento da dessecação das coberturas vegetais (direita). Selvíria – MS, Brasil (2012/13 e 2013/14).

Fonte: Dados do próprio autor

**Figura 24 –** Momento do manejo com o triton após 9 dias da dessecação (esquerda) e após o manejo com triton (direita). Selvíria – MS, Brasil (2012/13 e 2013/14).

Fonte: Dados do próprio autor

**Figura 25 –** Coleta de massa seca das coberturas vegetais (esquerda) e momento da aplicação de calcário (direita). Selvíria – MS, Brasil (2012/13 e 2013/14).

Fonte: Dados do próprio autor

**Figura 26 –** Momento da semeadura do milho (esquerda) e irrigação por "canhões" logo após a semeadura (direita). Selvíria – MS, Brasil (2012/13 e 2013/14).

Fonte: Dados do próprio autor

**Figura 27 -** Emergência do milho. Selvíria – MS, Brasil (2012/13 e 2013/14).

Fonte: Dados do próprio autor

**Figura 28 –** Momento da aplicação da adubação nitrogenada (esquerda) e detalhe de plantas com a quinta folha expandida (direita). Selvíria – MS, Brasil (2012/13 e 2013/14).

Fonte: Dados do próprio autor

**Figura 29 –** Detalhe da irrigação e vigor das plantas aos 27 DAE (esquerda) e coleta de plantas de milho para avaliação de massa seca aos 48 DAE e posteriormente análise nutricional (direita). Selvíria – MS, Brasil (2012/13 e 2013/14).

Fonte: Dados do próprio autor

**Figura 30 –** Momento da leitura do índice de clorofila foliar no terço médio da folha oposta e abaixo à espiga principal (esquerda) e coleta do terço médio da mesma folha (direita), no florescimento pleno, Selvíria – MS, Brasil (2012/13 e 2013/14).

Fonte: Dados do próprio autor

**Figura 31 -** Detalhe das plantas de milho sendo trituradas para avaliação de massa seca (esquerda) e detalhe das amostras acondicionadas em sacos de papel dentro das estufas, para secagem (direita). Selvíria – MS, Brasil (2012/13 e 2013/14).

Fonte: Dados do próprio autor

**Figura 32 -** Detalhe da régua graduada utilizada para medir altura de plantas e altura de inserção de espiga (esquerda) e espigas de milho colhidas aos 133 DAE, sobre a carreta (direita). Selvíria – MS, Brasil (2012/13 e 2013/14).

Fonte: Dados do próprio autor

**Figura 33 -** Uso do paquímetro digital para mensurar diâmetro de colmo (esquerda) e avaliação nas dez espigas por parcela (direita). Selvíria – MS, Brasil (2012/13 e 2013/14).

Fonte: Dados do próprio autor

**Figura 34 -** Contagem de uma subamostras de 250 grãos para determinação da massa de mil (esquerda) e detalhe da pesagem da produção e determinação da umidade (direita). Selvíria – MS, Brasil (2012/13 e 2013/14).

Fonte: Dados do próprio autor