



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE RORAIMA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROECOLOGIA
MESTRADO ACADÊMICO EM ASSOCIAÇÃO COM
EMBRAPA/RR E IFRR**

DISSERTAÇÃO

Desempenho de estirpes de bactérias fixadoras de nitrogênio e análise de crescimento em leguminosas para adubação verde na savana de Roraima

JOAQUIM PARIMÉ PEREIRA LIMA

**Boa Vista – RR
Maio – 2016**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE RORAIMA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROECOLOGIA
MESTRADO ACADÊMICO EM ASSOCIAÇÃO COM EMBRAPA/RR E
IFRR**

Desempenho de estirpes de bactérias fixadoras de nitrogênio e análise de crescimento em leguminosas para adubação verde na savana de Roraima

JOAQUIM PARIMÉ PEREIRA LIMA

Sob a Orientação do Professor
Dr. Edmilson Evangelista da Silva

e Coorientação do Professor
Dr. Arison José Pereira

Dissertação apresentada ao Mestrado Acadêmico em Agroecologia da Universidade Estadual de Roraima como parte dos requisitos para obtenção do título de mestre em Agroecologia.

Boa Vista – RR
Maio – 2016

Copyright © 2015 by Joaquim Parimé Pereira Lima

Todos os direitos reservados. Está autorizada a reprodução total ou parcial deste trabalho, desde que seja informada a **fonte**.

Universidade Estadual de Roraima – UERR
Coordenação do Sistema de Bibliotecas
Multiteca Central
Rua Sete de Setembro, 231 Bloco – F Bairro Canarinho
CEP: 69.306-530 Boa Vista - RR
Telefone: (95) 2121.0946
E-mail: biblioteca@uerr.edu.br

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

L732d	LIMA, Joaquim Parimé Pereira. Desempenho de estirpes de bactérias fixadoras de nitrogênio e análise de crescimento em leguminosas para adubação verde na savana de Roraima. / Joaquim Parimé Pereira Lima. Boa Vista – RR: UERR, 2016. 125f. il. 30cm. Orientador: Prof. Dr. Edmilson Evangelista da Silva. Dissertação (Mestrado em Agroecologia) Universidade Estadual de Roraima – UERR. Curso de Pós-Graduação em Agroecologia. 1. Adubos de vegetais (adubação verde) 2. Leguminosas 3. Estirpes de bactérias (nitrogênio) 4. Savanas (Roraima) I. Título II. Silva, Edmilson Evangelista da (orient.) UERR.Dissert.Mest.Agroec.2016.02 CDD – 631.87098114(19. ed.)
-------	---

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária
Sônia Raimunda de Freitas Gaspar – CRB-11/273

FOLHA DE APROVAÇÃO

JOAQUIM PARIMÉ PEREIRA LIMA

Dissertação apresentada ao Mestrado Acadêmico em Agroecologia da Universidade Estadual de Roraima como parte dos requisitos para obtenção do título de mestre em Agroecologia.

Aprovado em: 18/03/2016
Banca Examinadora

PROF. DR. EDMILSON EVANGELISTA DA SILVA
EMBRAPA
Orientador

PROF. DR. JOSÉ MARIA ARCANJO ALVES.
UFRR
Membro Externo

PRO. DR. ROBERTO DANTAS DE MEDEIROS
EMBRAPA
Membro Externo

PROF. DR. ROMILDO NICOLAU ALVES
IFRR
Membro Interno

PROF. DR PLÍNIO HENRIQUE OLIVEIRA GOMIDE
UERR
Membro Interno (Suplente)

Boa Vista – RR
2016

DEDICATÓRIA

Às infinitas conspirações Cósmicas que permitiram eu experimentar a existência, as benesses, e as provações da vida nesse planeta.

Aos meus familiares pela compreensão de minha ausência e atenção parcial à vida familiar em vários momentos nesses últimos meses, em especial aos meus filhos Vinícius, Heitor e minha esposa Luciana.

AGRADECIMENTOS

Às forças Cóslicas e aos amigos espirituais pelas diversas conSPIrações que me levaram a realização de mais um sonho.

Aos meus pais Afonso Lima e Elzia das Graças pelos investimentos e aposta na minha educação formal desde o meu primeiro ano de ensino até a graduação em Agronomia.

À Universidade Estadual de Roraima e ao Programa de Pós-Graduação em Agroecologia pela oportunidade concedida.

À Embrapa Roraima, pela oportunidade do estágio, implantação do trabalho de campo e análise laboratoriais. À Embrapa Agrobiologia por ter cedido os inoculantes para a inoculação das sementes.

Ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais renováveis pela oportunidade e licenças concedidas para a construção dessa meta pessoal e profissional.

Ao meu orientador Dr. Edmilson Evangelista da Silva pelas frutíferas e valiosas contribuições, incentivos, críticas e provocações, assim como pela confiança depositada em minha pessoa para construir esse trabalho e sonho.

Ao meu coorientador Dr. Arison José Pereira pelas contribuições e incentivos, principalmente na construção do segundo capítulo.

Aos colegas e amigos de turma pela amizade, respeito, pelas palavras de incentivo, pelas angústias e alegrias compartilhadas, troca de informações e ajudas mútuas. Jamais os esquecerei.

Aos colegas estagiários Augusto, Cristian, Rogério, Raenisson, Giovanni, Rannyonara, Larissa, Carvilho Neto e Frank pela preciosa ajuda em todas as fases dos trabalhos em campo e laboratório.

Aos técnicos do campo experimental Água Boa, Neivan de Carvalho e Fernando de Queiroz pela ajuda sem a qual não seriam possíveis os trabalhos de campo.

Aos servidores e auxiliares de campo da Embrapa Srs. Sérgio, Alexandre e Francisco Bamerindus pela ajuda imensurável nos trabalhos desde o preparo da área, condução dos experimentos, até a coleta das plantas para avaliação.

Aos meus familiares, todos: pais, filhos, esposa, irmãos, sobrinhos pela compreensão de minha pouca presença nas vossas convivências nesses últimos dois anos.

A todos minha gratidão sempre.

Não chores, meu filho;
Não chores, que a vida
É luta renhida:
Viver é lutar.
A vida é combate,
Que os fracos abate,
Que os fortes, os bravos
Só pode exaltar.

Antônio Gonçalves Dias.

RESUMO GERAL

LIMA, Joaquim Parimé Pereira. **Desempenho de estirpes de bactérias fixadoras de nitrogênio e análise de crescimento em leguminosas para adubação verde na savana de Roraima.** 2016. 125 p. Dissertação (Mestrado em Agroecologia). Universidade Estadual de Roraima, Boa Vista, RR, 2016.

Crotalária júncea (*Crotalaria juncea* L.), crotalária spectabilis (*Crotalaria spectabilis* Roth.), guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) cv. anão Iapar 43-aratã e cv. IAC fava-larga, feijão-deporco (*Canavalia ensiformis* (L.) D.C.); mucuna-cinza (*Mucuna pruriens* L.) e estilosantes (*Stylosanthes* spp.) cv. Campo Grande são espécies de leguminosas tropicais herbáceas e arbustivas utilizadas para diversas finalidades em sistemas de produção agrícola servindo para adubação verde, pré-cultivo, consórcio, rotação, sucessão de cultivo, aleias, quebra ventos, cobertura de solo, controle de ervas daninhas e fitonematóides, forrageira e grãos. Este trabalho foi realizado com o objetivo geral de avaliar e comparar a eficiência simbiótica de estirpes de bactérias fixadoras de nitrogênio a partir da avaliação da nodulação, do desenvolvimento das raízes, do teor de nitrogênio e do acúmulo de fitomassa seca na parte aérea aos 30 dias, e, do teor e do acúmulo de nitrogênio e matéria seca da parte aérea na floração, e também para caracterizar o crescimento quantitativo de cinco espécies, exceção da mucuna-cinza e estilosantes, a partir de índices fisiológicos de crescimento do material fotossintetizante na savana de Roraima. Foram implantados dois experimentos, no campo experimental Água Boa da EMBRAPA/RR, em Boa Vista, Roraima, durante as estações das chuvas (inverno local) em dois anos consecutivos, 2014 e 2015. O delineamento experimental adotado nesses experimentos foi o de blocos ao acaso e os tratamentos foram os seguintes: testemunha absoluta, testemunha nitrogenada (adição de 100 kg de N-mineral ha⁻¹) padrão para todas as espécies, estirpes controle BR 2003 e BR 2001 e estirpe teste BR 10228 para a crotalária júncea; testemunhas absoluta e nitrogenada, estirpe controle BR 2003 e estirpe teste BR 10228 para a crotalária spectabilis; testemunha absoluta e nitrogenada, estirpes controle BR 2003 e BR 2801 e estirpe teste BR 10231, BR 10240 e BR 10228 para guandu-anão e guandu fava-larga; testemunhas sem e com adição de N, estirpes teste BR 10223, BR 10222, BR 10230 e BR 10228 para mucuna-cinza; testemunhas absoluta e nitrogenada, estirpe controle BR 2003 e estirpe teste BR 10230, BR 10062, BR 10061 e BR 10232 para o feijão-deporco; testemunha sem e com adição de N-mineral e estirpes controle BR 446, BR 443 e BR 445 para a estilosantes Campo Grande. A nodulação, o desenvolvimento das raízes, a matéria seca, o teor e acúmulo de nitrogênio na parte aérea foram determinados aos 30 dias, assim como a fitomassa seca, os teores e acúmulo de nitrogênio na parte aérea foram aferidos por ocasião do florescimento. Foram também realizadas coletas em intervalos de 7 a 21 dias para realização de análise funcional de crescimento a partir da determinação produtividade da matéria seca ao longo do tempo, do índice de área foliar (IAF), da taxa assimilatória líquida (TAL), taxa de crescimento da cultura (TCC) e taxa de crescimento relativo (TCR). Observou-se a partir dos resultados que as estirpes teste BR 10228 para a crotalária júncea; BR 10228 e BR 10240 para o guandu-anão; e BR 10228 e BR 10230 para a mucuna-cinza são eficientes em promover o crescimento e acúmulo de matéria seca nessas espécies. Verificou-se que as maiores taxas iniciais de crescimento foram apresentadas pelo feijão-deporco seguido crotalária júncea e os maiores acúmulos de fitomassa na floração foram proporcionadas pelo guandu fava-larga e crotalária júncea, com as maiores expansões de área foliar verificada para a crotalária spectabilis em ambos os anos de cultivo.

Palavras-chave: Fixação biológica de nitrogênio, fabaceae, cerrado de Roraima.

GENERAL ABSTRACT

LIMA, Joaquim Parimé Pereira. **Performance strains of nitrogen-fixing bacteria and growth analysis in legumes for green manure in Roraima savannah.** 2015. 125 p. Dissertation (Master Science in Agroecology). Roraima State University, Boa Vista, RR, 2016.

Sunnhemp (*Crotalaria juncea* L.), *Crotalaria spectabilis* (*Crotalaria spectabilis* Roth.), pigeon pea (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) cv. Anão IAPAR 43-Aratã and cv. IAC fava-laga, jack bean (*Canavalia ensiformis* (L.) DC), velvet bean (*Mucuna pruriens* L.) and *Stylosanthes* (*Stylosanthes* spp.) cv. Campo Grande are species of herbaceous and shrubby tropical legumes used for many purposes in agricultural production systems serving for green manure, pre-crop, intercrop, rotation, crop succession, alley crops, windbreaks, soil cover, weed control and nematodes, forage and grains. The main objective of this work was compare the symbiotic efficiency strains of nitrogen-fixing bacteria from the evaluation of nodulation, development of roots, nitrogen content and dry matter accumulation in 30 days after planting (flowering), and the content and accumulation of nitrogen and dry matter, also to characterize the quantitative growth of five species, except for the mucuna-cinza and *Stylosanthes*, from physiological index in Roraima's savannah conditions. Two experiments were conducted in Água Boa experimental station (EMBRAPA/RR) in Boa Vista, during the rainy seasons (local winter) in two consecutive years, 2014 and 2015. The experimental design adopted in these experiments was a randomized complete block design and the treatments were according to the species: absolute control, nitrogen control (adding 100 kg of mineral N ha⁻¹) standard for all species, strains control BR2003 and BR2001 and BR10228 strain test for Sunnhemp; absolute and nitrogen witnesses, strain-control BR2003 and BR10228 strain test for *crotalaria spectabilis*; absolute and nitrogen witness, strains control BR2003 and BR2801 strain and test BR10231, BR10240, BR10228 for pigeon pea; controls with and without addition of N, test strains BR 10223, BR10222, BR10230 and BR10228 for velvet bean; absolute and nitrogen witnesses, strain-control BR 2003 and strain-test BR10230, BR10062, BR10061 and BR10232 for the jack bean; control without and with addition of N-mineral and control strains BR446, BR443 and BR445 to *stylosanthes* Campo Grande. The nodulation, root development, the dry matter content and nitrogen accumulation in shoots were determined at 30 days, as well as dry weight, contents and nitrogen accumulation were measured at the time of flowering. They were also held collections in between 7 to 21 days to perform functional growth analysis from determining productivity of dry matter over time, the leaf area index (LAI), net assimilation rate (NAR), growth rate culture (GRC) and growth rate (GR). It was observed from the results that the test-strains BR 10228 for Sunnhemp; BR 10228 and BR 10240 for the pigeon pea; BR 10228 and BR 10230 for velvet bean gray are effective in promoting growth and dry matter accumulation in these species. The higher initial rates were presented by sunnhemp followed by *crotalaria spectabilis* and the largest accumulations of biomass during flowering were provided by pigeon pea and sunnhemp, with greater leaf area expansion observed for *crotalaria spectabilis* in both crops.

Keywords: Biological nitrogen fixation, growth analysis, legumes.

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Espécies e cultivares utilizadas no experimento e suas principais características..	12
Tabela 2. Resultado das análises químicas de amostras de Latossolo Amarelo realizadas antes da instalação do experimento.	26
Tabela 3. Tratamentos e estirpes de <i>Bradyrhizobium</i> que foram avaliados para as diferentes espécies de leguminosas.	28
Tabela 4. Número de nódulos por planta ⁻¹ (NN) aos 30 dias para a espécie crotalária júncea avaliados separadamente para anos 2014 e 2015.	33
Tabela 5. Desdobramento da interação ano de cultivo e fontes de N, para variável massa fresca de nódulos (MFN) aos 30 dias, na crotalária júncea em área de savana em Roraima. ...	34
Tabela 6. Massa fresca por nódulo (MPN) e matéria seca das raízes (RMS) aos 30 dias da espécie crotalária júncea em dois anos de cultivo em área de savana em Roraima.	35
Tabela 7. Matéria seca da parte aérea aos 30 dias (MSPA) e teor de nitrogênio aos 30 dias (TNPA) na crotalária júncea cultivada em área de savana no estado de Roraima.	36
Tabela 8. Desdobramento da interação ano de cultivo e fontes de N, para a variável teor de nitrogênio na floração (TNF), na crotalária júncea em área de savana no estado de Roraima.	36
Tabela 9. Acúmulo de nitrogênio na floração (ANF) da crotalária júncea em área de savana no estado de Roraima.	37
Tabela 10. Número de nódulos (NN), matéria fresca de nódulos (MFN), massa fresca por nódulo (MPN) e massa seca das raízes (RMS) da espécie crotalária spectabilis aos 30 dias, em dois anos de cultivo em área de savana em Roraima.	39
Tabela 11. Desdobramento da interação ano de cultivo e tratamentos para a variável matéria seca da parte aérea aos 30 dias (MSPA) da crotalária spectabilis em área de savana no estado de Roraima.	40
Tabela 12. Teor de nitrogênio aos 30 dias (TNPA), massa seca na floração (MSF) da crotalária spectabilis em área de savana no estado de Roraima.	40
Tabela 13. Desdobramento da interação ano de cultivo e fontes de N, para a variável teor de nitrogênio na floração (TNF), na crotalária spectabilis em área de savana no estado de Roraima.	41
Tabela 14. Acúmulo de nitrogênio na floração (ANF) da crotalária spectabilis em área de savana no estado de Roraima.	42
Tabela 15. Desdobramento da interação ano de cultivo e fontes de N, para variável número de nódulos planta ⁻¹ (NN), no guandu-anão em área de savana em Roraima.	43
Tabela 16. Matéria fresca de nódulos (MFN) e massa fresca por nódulos (MPN) da espécie guandu-anão em dois anos de cultivo em área de savana em Roraima.	44
Tabela 17. Desdobramento da interação ano de cultivo e fontes de N, para variável matéria seca de raízes (RMS), no guandu-anão em área de savana em Roraima.	45
Tabela 18. Matéria seca da parte aérea aos 30 dias (MSPA), teor de nitrogênio aos 30 dias (TNPA), massa seca na floração (MSF), teor de nitrogênio na floração (TNF) e acúmulo de nitrogênio na floração (ANF) do guandu-anão em área de savana no estado de Roraima.	46
Tabela 19. Desdobramento da interação ano de cultivo e fontes de N, para variável massa número de nódulos (NN) e massa fresca por nódulos (MPN), no guandu fava-larga em área de savana em Roraima.	48
Tabela 20. Massa fresca de nódulos (MFN) e matéria seca das raízes (RMS) do guandu fava-larga em dois anos de cultivo em área de savana em Roraima.	49
Tabela 21. Desdobramento da interação do efeito de ano de cultivo nas fontes de N para a variável matéria seca da parte aérea aos 30 dias (MSPA) e na floração (MSF) do guandu fava-larga em área de savana no estado de Roraima.	50

Tabela 22. Teor de nitrogênio na parte aérea aos 30 dias (TNPA) no guandu fava-larga em área de savana no estado de Roraima.	52
Tabela 23. Desdobramento da interação ano de cultivo e fontes de N para as variáveis: teor de nitrogênio (TNF) e acúmulo de nitrogênio na floração (ANF) no guandu fava-larga em área de savana no estado de Roraima.	52
Tabela 24. Desdobramento da interação ano de cultivo e fontes de N, para a variável número de nódulos (NN), no feijão-de-porco em área de savana no estado de Roraima. A variável massa fresca de nódulos (MFN) foi avaliada separadamente, anos 2014 e 2015.	55
Tabela 25. Massa fresca por nódulo (MPN) e matéria seca das raízes aos 30 dias (RMS) da espécie feijão-de-porco em dois anos de cultivo em área de savana em Roraima.	55
Tabela 26. Matéria seca da parte aérea aos 30 dias (MSPA) no feijão-de-porco em área de savana no estado de Roraima.	56
Tabela 27. Desdobramento da interação ano de cultivo e fontes de N, para a variável teor de nitrogênio na parte aérea aos 30 dias (TNPA), no feijão-de-porco em área de savana no estado de Roraima.	57
Tabela 28. Desdobramento da interação ano de cultivo e tratamentos, para a variável matéria seca na floração (MSF), no feijão-de-porco em área de savana no estado de Roraima.	58
Tabela 29. Teor de nitrogênio na floração (TNF) e acúmulo de nitrogênio na floração (ANF) do feijão-de-porco em área de savana no estado de Roraima.	58
Tabela 30. Número de nódulos (NN), matéria fresca de nódulos (MFN), massa fresca por nódulo (MPN) e matéria seca das raízes (RMS) do feijão-de-porco, ano 2015.	60
Tabela 31. Massa seca da parte aérea aos 30 dias (MSPA), teor de nitrogênio aos 30 dias (TNPA), matéria seca na floração (MSF), teor de nitrogênio na floração (TNF) e acúmulo de nitrogênio na floração (ANF) do feijão-de-porco na savana de Roraima, ano 2015.	60
Tabela 32. Número de nódulos por planta ⁻¹ (NN), massa fresca dos nódulos (MFN) e massa seca das raízes (RMS) da mucuna-cinza cultivada em área de savana de Roraima.	62
Tabela 33. Desdobramento da interação ano de cultivo e fontes de N, para variável matéria fresca por nódulo (MPN), na mucuna-cinza cultivada na savana de Roraima.	62
Tabela 34. Matéria seca da parte aérea aos 30 dias (MSPA), teor de nitrogênio (TNPA), massa seca na floração (MSF) da mucuna-cinza em área de savana no estado de Roraima.	63
Tabela 35. Desdobramento da interação ano de cultivo e fontes de N, para as variáveis teor de nitrogênio da floração (TNF) e acúmulo de nitrogênio na ao tempo da floração (ANF), na mucuna-cinza em área de savana no estado de Roraima.	64
Tabela 36. Número de nódulos por planta ⁻¹ (NN), matéria fresca dos nódulos (MFN), massa fresca por nódulo (MPN) e matéria seca das raízes (RMS) em plantas de estilosantes cv. Campo Grande, colhidas aos 90 dias, cultivadas em área de savana de Roraima.	65
Tabela 37. Fitomassa seca na floração (MSF), teor de nitrogênio da floração (TNF) e acúmulo de nitrogênio na floração (ANF) da estilosantes Campo Grande em área de savana no estado de Roraima.	67
Tabela 38. Ano de cultivo, número de coletas e de dias das coletas após a semeadura (DAS) para as culturas guandu-anão, guandu fava-larga, feijão-de-porco, crotalária-júncea e crotalária spectabilis.	78
Tabela 39. Parâmetros estimados a partir da função de Gompertz, para acumulação de fitomassa aérea de cinco espécies de leguminosas em função dos dias após a semeadura - DAS, ano 2014.	81
Tabela 40. Parâmetros estimados a partir da função de Gompertz, para acumulação de fitomassa aérea de cinco espécies de leguminosas em função dos dias após a semeadura - DAS, ano 2015.	81

Tabela 41. Parâmetros estimados a partir da função exponencial polinomial de 2º grau, para índice de área foliar de cinco espécies de leguminosas em função dos dias após a semeadura, ano 2014.	82
Tabela 42. Parâmetros estimados a partir da função exponencial polinomial de 2º grau, para índice de área foliar de cinco espécies de leguminosas em função dos dias após a semeadura, ano 2015.	82

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Temperatura média mensal do ar (°C) e precipitação pluviométrica em milímetros (mm), nas estações chuvosas durante os períodos de cultivo. (Fonte: estação climatológica campo Água Boa, EMBRAPA/RR).	25
Figura 2. Tempo (dias) decorridos entre a semeadura e o momento em que as plantas apresentavam cerca de 50% das flores abertas, em condição de savana no campo experimental Água Boa, EMBRAPA/RR, anos 2014 e 2015. O guandu cv. fava-larga, nos dois anos de cultivo, foi coletado antes floração plena, no início do período seco.....	80
Figura 3. Produtividade de matéria seca aérea de cinco espécies de leguminosas em função dos dias após a semeadura, ajustados ao modelo de crescimento de Gompertz. Campo Experimental da Água Boa/EMBRAP/RR, anos 2014 e 2015.....	81
Figura 4. Índice de área foliar de cinco espécies de leguminosas em função dos dias após a semeadura, ajustado ao modelo de crescimento exponencial polinomial de 2º grau. Campo Experimental da Água Boa/EMBRAPA/RR, anos 2014 e 2015.....	83
Figura 5. Taxa de assimilação líquida de cinco espécies de leguminosas em função dos dias após o plantio. Campo Experimental da Água Boa/EMBRAPA/RR, anos 2014 e 2015.....	84
Figura 6. Taxa de crescimento da cultura (TCC) de cinco espécies de leguminosas em função dos dias após a semeadura. Campo Experimental da Água Boa/EMBRAPA/RR, anos 2014 e 2015.	85
Figura 7. Taxa de crescimento relativo (TCR) de cinco espécies de leguminosas em função dos dias após a semeadura. Campo Experimental da Água Boa/EMBRAPA/RR, anos 2014 e 2015.	87

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL.....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	5
2.1 Fixação biológica de nitrogênio e produção de fitomassa aérea em leguminosas para adubação verde na savana de Roraima.	5
2.2 Análise quantitativa de crescimento.....	14
CAPÍTULO I - FIXAÇÃO BIOLÓGICA DE NITROGÊNIO E PRODUÇÃO DE FITOMASSA AÉREA EM LEGUMINOSAS PARA ADUBAÇÃO VERDE NA SAVANA DE RORAIMA.	17
RESUMO	18
ABSTRACT	19
3 INTRODUÇÃO.....	20
4 MATERIAL E MÉTODOS	24
4.1 Localização e caracterização climática e de solos da área experimental	24
4.2 Caracterização do experimento e delineamento experimental.	26
4.3 Avaliações	29
4.3.1. Avaliação da nodulação.....	29
4.3.2. Produção de biomassa e análises laboratoriais.....	30
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	32
5.1. Crotalária júncea.....	32
5.2. Crotalária spectabilis	38
5.3. Guandu-anão	43
5.4. Guandu fava-larga	47
5.5. Feijão-de-porco	54
5.6. Mucuna-cinza	61
5.7. Estilosantes Campo Grande.....	65
6 CONCLUSÕES	69
CAPÍTULO II - ANÁLISE QUANTITATIVA DE CRESCIMENTO EM LEGUMINOSAS PARA ADUBAÇÃO VERDE NA SAVANA DE RORAIMA.....	70
RESUMO	71
ABSTRACT	72
7 INTRODUÇÃO.....	73
8 MATERIAL E MÉTODOS	76
8.1 Localização e caracterização climática e de solos da área experimental.	76
8.2 Caracterização do experimento e delineamento experimental	76
8.3 Avaliação da análise quantitativa de crescimento	77
9 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	80
10 CONCLUSÕES	88
CONCLUSÕES FINAIS	89
CONSIDERAÇÕES FINAIS	90
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	91
APÊNDICES	102

1 INTRODUÇÃO GERAL

Agricultura significa artificialização do meio natural, implicando na conversão de ecossistemas em agroecossistemas, sendo este último entendido como um sistema que articula o trabalho humano com o trabalho da natureza, para que plantas e animais domesticados prosperem (PETERSEN et al., 2009). Para Altieri (2012) é irrefutável que a agricultura implica na simplificação da estrutura do ambiente em vastas áreas, substituindo a diversidade natural por um número reduzido de plantas cultivadas e animais domésticos, sendo o resultado final a produção de um ecossistema artificial que exige constante intervenção humana. Para esse autor os monocultivos são a expressão máxima do processo de simplificação da natureza.

De acordo com Feiden (2005) a modificação de um ecossistema natural pelo homem, para a produção de bens necessários à sua sobrevivência, forma um agroecossistema e que para fins práticos este pode ser considerado equivalente a sistema de produção, sistema agrícola ou unidade de produção. Diante disso infere-se que a agricultura é a principal atividade humana de alteração na estrutura e funcionamento de um ambiente natural.

A Agroecologia baseia-se no conceito de agroecossistema como unidade de análise, tendo como propósito final, proporcionar as bases científicas (princípios, conceitos e metodologias) para apoiar o processo de transição do modelo de agricultura convencional para estilos de agricultura sustentável, independente de suas denominações (CAPORAL; COSTABEBER, 2002). No mesmo sentido Altieri (2012) salienta que a Agroecologia é o estudo holístico dos agroecossistemas abrangendo todos os elementos ambientais e humanos, a partir da aplicação de conceitos e princípios ecológicos para desenhar agroecossistemas mais sustentáveis.

Dentre os setores da economia a agricultura é, sem dúvida, o que tem seu processo produtivo mais intensamente ligado ao meio ambiente, o qual lhe impõe restrições ecológicas. Restrições estas que tem impellido a busca de novas tecnologias que possibilitem sua superação (ASSIS; ROMEIRO, 2002). Nesse sentido Petersen et al. (2009) apontam que a agricultura ainda é o setor econômico que mais intimamente conecta a sociedade à natureza.

Segundo Petersen et al. (2009), a crescente artificialização dos ecossistemas foi levada a níveis extremos a partir da segunda metade do século 20, com a chamada Revolução Verde, cujo paradigma científico expandiu-se globalmente ao articular seis práticas básicas: monoculturas, revolvimento dos solos, o uso dos fertilizantes sintéticos, o controle de pragas e doenças, a irrigação e a manipulação do genoma de plantas e animais. Para Machado et al.

(2008) a expansão dos monocultivos é o principal fator da perda da agrobiodiversidade, traduzida sob a forma de diversidade de plantas cultivadas, de ecossistemas agrícolas e de tradições, e também de costumes e práticas associados, que são produzidos e transmitidos por agricultores tradicionais e locais.

De acordo com Jesus (2005), a agricultura convencional ou industrial do ponto de vista tecnológico está baseada, em linhas gerais, em três pilares, sejam eles: (1) agroquímica, pela produção de insumos para fertilização dos solos, controle de pragas, doenças e ervas invasoras; (2) motomecanização, pela liberação de mão de obra às cidades e indústrias, barateando custos de produção e ampliação de monocultivos; (3) manipulação genética, pela seleção de plantas e animais com altas respostas a insumos químicos, contribuindo para diminuição da biodiversidade e aumento dos monocultivos.

Apesar de todas essas tecnologias, descobertas, inovações, políticas e inversões financeiras empregadas na produção de alimentos e subprodutos, que notadamente aumentou sua produção e produtividade, observam-se na esteira da agricultura convencional danos latentes traduzidos por custos e impactos socioculturais e ambientais; na saúde pública; e econômicos. Milhões de hectares de terra das mais diversas fisionomias foram radicalmente alterados e suas populações humanas tiveram seus *modus vivendi* modificados. Nesse sentido Espíndola et al. (2005) enfatizam que apesar dos aumentos de produção obtidos, problemas associados à degradação da capacidade produtiva dos solos e a contaminação de alimentos evidenciaram a fragilidade dos sistemas de produção agrícola modernos.

Dos pilares da agricultura convencional, a agroquímica, a partir do uso de insumos para fertilização dos solos, notadamente relativo ao uso de adubos nitrogenados merece atenção e destaque principalmente devido aos altos custos financeiros e energéticos empregados para síntese de adubos fertilizantes nitrogenados e sua baixa eficiência de utilização (abaixo de 50%), conforme frisam Mercante et al. (2014); devido aos danos ambientais efeito de seu uso indiscriminado (HUNGRIA et al., 2001, 2007); e também em função dos elevados preços desses produtos no mercado, aumentando os custos de produção, tornando-se fator impeditivo o seu uso por pequenos, médios e também grandes produtores.

O uso de plantas de cobertura, em particular as leguminosas, que, além das vantagens ambientais e agrícolas similares a outras famílias, contam com espécies capazes de formar simbiose com bactérias fixadoras de N₂ (diazotróficas), e pelo processo biológico da fixação biológica de nitrogênio (FBN) fixam nitrogênio, reduzindo-o na forma de amônia que serão incorporadas a aminoácidos e outros compostos utilizados por estas plantas (HUNGRIA et al.,

2001, 2007; Mercante et al., 2014). Desse modo a exploração de leguminosas com inoculação de sementes apresenta-se como uma opção para contornar em parte ou totalmente, caso da soja, os vieses verificados no emprego de adubos nitrogenados por parte de agricultores de todo e qualquer porte, nos mais diversos agroecossistemas.

A utilização de plantas leguminosas não tem somente a finalidade estante de suprir o solo com matéria orgânica e nutrientes, mas também contribuem para outras finalidades, sejam elas: a proteção de solos contra erosão, a ciclagem de nutrientes, o aumento da agrobiodiversidade, o controle de doenças, insetos-praga, nematoides, a utilidade como aleias e quebra-ventos, além de fornecer insumos como madeira, lenha e carvão.

As leguminosas *Crotalaria juncea* (L.); *Crotalaria spectabilis* Roth, *Cajanus cajan* (L.) Mill spp. (guandu cv. anão, guandu cv. fava-larga); *Canavalia ensiformis* (L.) D.C. (feijão-de-porco); *Mucuna pruriens* (L.) D.C. (mucuna-cinza); e *Stylosanthes* spp. (estilosantes cv. Campo Grande), mistura física das espécies *Stylosanthes Capitata* Vogel e *Stylosanthes macrocephala* M.B. Ferreira et S. Costa, são plantas da subfamília papilionoideae (papilionáceas) capazes de fixar o N₂ atmosférico, que são utilizadas para várias finalidades (cobertura de solo, consórcio, rotação, sucessão, pré-cultivo, forrageiras) nas mais diversas condições edafoclimáticas.

Apesar de a exploração dessas plantas ser bastante estudada e relatada na literatura, em particular o processo da FBN e seus aportes de N₂ no sistema solo-planta, estudos científicos ainda são necessários para testar a contribuição e eficiência da FBN de bactérias do gênero *Bradyrhizobium* spp. entre outros, nos mais diversos agroecossistemas do País. Assim, torna-se necessário comparar, em experimentos de campo, estirpes de bactérias do gênero *Bradyrhizobium* spp. e sua simbiose com leguminosas, nativas ou introduzidas, nas mais variadas condições edafoclimáticas.

Com esses ensaios é possível mensurar a eficiência simbiótica de diversas cepas de bactérias em simbiose com leguminosas, a partir de seu rendimento em variáveis como nodulação, crescimento de raízes, produção de fitomassa, teor e acúmulo de N e outros nutrientes na parte aérea, e também sua adaptação às condições locais. A indicação de uso de determinada cepa como inoculante comercial para leguminosas depende de testes regionalizados de campo.

Por outro lado, também é fundamental analisar o crescimento quantitativo de leguminosas potencialmente fixadoras de nitrogênio, para, diante desses índices fisiológicos e analisadas as suas taxas de crescimentos, predizer quais são as espécies promissoras na

acumulação de fitomassa, no potencial de crescimento e estabelecimento no solo, na expansão de seu aparelho fotossintético, e no geral em adaptar-se às condições edafoclimáticas do agroecossistema da savana de Roraima, etc.

Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho avaliar a eficiência simbiótica de estirpes de bactérias do gênero *Bradyrhizobium* sobre a produção de fitomassa e acúmulo de nitrogênio, e descrever as curvas de crescimento por meio de índices fisiológicos, de leguminosas herbáceas e arbustivas, nas condições de savana no estado de Roraima.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Fixação biológica de nitrogênio e produção de fitomassa aérea em leguminosas para adubação verde na savana de Roraima.

Além dos elementos carbono (C), hidrogênio (H) e oxigênio (O) que são obtidos pelas plantas diretamente do ar e da água, o nitrogênio (N) é quantitativamente o mais importante, e frequentemente o que mais limita o crescimento vegetal. Na agricultura grandes quantidades de fertilizantes nitrogenados estão sendo utilizados para fornecimento de nitrogênio às culturas, mas frequentemente os produtores carecem de recursos para comprar adubos suficientes para a obtenção de altos rendimentos (BODDEY et al., 1992).

O nitrogênio (N) é o elemento requerido em maior quantidade para o crescimento das plantas, e as fontes fornecedoras de N, são: 1 – nitrogênio do solo, proveniente principalmente da decomposição da matéria orgânica, 2 – nitrogênio fornecido pelos fertilizantes nitrogenados, 3 – fixação não biológica, resultante de descargas elétricas, que resultam em N nitrato (NO_3), combustão e vulcanismo, 4 – nitrogênio fornecido pelo processo de fixação biológica do nitrogênio atmosférico N_2 (FBN). Apenas algumas bactérias aeróbias, dos gêneros *Azhorizobium*, *Bradyrhizobium*, *Mesorhizobium*, *Rhizobium* e *Sinorhizobium*, possuem um complexo enzimático, a dinitrogenase ou nitrogenase, capaz de romper a tripla ligação entre dois átomos de nitrogênio e convertê-lo em uma forma assimilável pelas plantas. O processo da fixação biológica de nitrogênio (FBN) ocorre em estruturas típicas, os nódulos, que são formados após a associação entre o microssimbionte (rizóbio) e a planta hospedeira (HUNGRIA, 1994; HUNGRIA et al., 1997, 2001, 2007; MERCANTE et al., 2014).

Embora o N_2 perfaça 78 % dos gases atmosféricos, que também se difundem na porosidade do solo, nenhuma planta ou animal consegue utilizá-lo como nutriente, devido à tripla ligação que existe entre dois átomos do N_2 . Somente certas bactérias são capazes de fixar biologicamente o N_2 atmosférico (FBN), pois rompem a tripla ligação do N_2 , e provocam a redução deste até amônia (NH_3), que ainda nos nódulos, à amônia sintetizada, são incorporados íons de hidrogênio (H^+), ocorrendo a transformação em íons de amônio (NH_4^+), que serão distribuídos para a planta hospedeira (HUNGRIA, 2001, 2007).

As leguminosas possuem o mecanismo simbiótico mais sofisticado e eficiente entre as associações de plantas superiores com bactérias fixadoras de N_2 (DÖBERREINER, 1990). Essas associações entre bactérias e leguminosas refletem parâmetros evolutivos entre os hospedeiros, pelo reconhecimento de sinais moleculares e especificidade simbiótica, porém a

eficiência do processo de FBN depende de fatores da planta, da bactéria, do clima e do solo (SOUZA et al., 2007). Para Xavier et al. (2006) a interação entre leguminosas e rizóbios é exemplo de associação biológica bastante estudada, cujos benefícios para a sustentabilidade da agricultura são reconhecidos devido ao processo de FBN. Um dos grandes desafios para uso da FBN é conseguir um manejo adequado da simbiose e aumentar sua eficiência (RUFINI, 2014a).

A FBN constitui a principal via de incorporação de N_2 no solo, sendo responsável por cerca de 65% do montante de entrada de N na terra, e por isso é considerada, após a fotossíntese, o processo biológico mais importante, constituindo-se no maior provedor de N_2 para a manutenção da vida na terra. Estima-se que a maior contribuição da FBN ocorra pela associação de bactérias diazotróficas ou fixadoras de N_2 , com plantas da família Fabaceae (HUNGRIA et al., 2007; MERCANTE et al., 2014). Essas bactérias diazotróficas são chamadas popularmente de rizóbios.

A família Fabaceae possui cerca de 20.000 espécies e apresenta grande potencial de utilizações econômicas e ambientais (FLORENTINO; MOREIRA, 2009), e é dividida em três subfamílias, sejam elas: (1) Papilionoideae (Syn. Faboideae), (2) Mimosoideae e (3) Cesalpinioideae, sendo que da família papilionoideae fazem parte a maioria das leguminosas de grãos, forrageiras e adubos verdes de importância econômica, e 97% das espécies investigadas formam nódulos, algumas com relevante contribuição da FBN, exemplo da soja (*Glycine max*), Feijão (*Phaseolus vulgaris*), Feijão-caupi (*Vigna unguiculata*), Amendoim (*Arachis hypogea*), ervilha (*Pisum sativum*), entre outras (MERCANTE et al., 2014).

Estudos com a soja revelam que essa espécie quando inoculada com bactérias do gênero *Bradyrhizobium*, das espécies *B. japonicum* e *B. elkanii*, pelo processo de fixação biológica do nitrogênio atmosférico (N_2), pode suprir toda a demanda de nitrogênio (N) necessária ao desenvolvimento das plantas, com baixo custo, e, devido ao emprego dessa biotecnologia, o Brasil coloca-se em posição de destaque e liderança nas atividades agrícolas que se beneficiam desse processo biológico como fonte de nitrogênio (HUNGRIA et al., 2007). Ressalta-se que os riscos de danos ambientais advindos do uso de bactérias fixadoras de N_2 são reduzidos.

Para avaliar as interações entre rizóbios e as condições edafoclimáticas nas savanas de Roraima, Zilli et al. (2013), investigaram a sobrevivência de bactérias nodulíferas em solos cultivados com soja e que atravessam longo período de estiagem. Esses autores relataram que a estiagem nos solos de cerrado provocou uma drástica redução na densidade de rizóbios, e

que apesar de sucessivos cultivos de soja numa mesma área é necessária a inoculação das sementes antes de cada plantio, pois a população de bactérias no solo é insuficiente para garantir uma boa nodulação e, por conseguinte sucesso de safra.

Relativo ao emprego de inoculantes e seus resultados na produtividade do feijão comum, espécie de extrema importância na alimentação dos brasileiros, em estudo onde se faz uma abordagem de trabalhos de campo e dos avanços da FBN, na cultura do feijoeiro no Brasil, com bactérias *Rhizobium tropici*, tanto para agricultura familiar, quanto para propriedades tecnificadas, Hungria et al. (2013), relatam que a baixa produtividade verificada na cultura pode ser modificada drasticamente com o uso dessa fonte de N, uma vez que se dispõe e a baixo custo, de estirpes de alto desempenho e de eficiência comprovada na FBN, selecionadas para as condições edafoclimáticas brasileiras.

Apesar de o feijão-caupi ser uma das leguminosas com maior capacidade em fixar N atmosférico, a nodulação espontânea, e principalmente a falta de resultados positivos em condições de campo, tornam a prática de inoculação pouco usual para esta cultura no Brasil (ZILLI et al., 2009a). Em ensaios de campo em diferentes ecossistemas visando avaliar a contribuição da FBN promovida por estirpes de *Bradyrhizobium* na nodulação, crescimento de plantas e rendimento de grãos do feijão-caupi em área de savana e floresta alterada, Zilli et al. (2009a), concluíram que a inoculação com estirpes de rizóbio recomendadas e testadas para esta cultura é eficiente e vantajosa, sobretudo por garantir o aporte de nitrogênio (N) à cultura, e também devido ao baixo custo dos inoculantes.

Corroborando com estes resultados Melo e Zilli (2009), em estudos de campo voltados à FBN envolvendo cultivares de feijão-caupi e estirpes de *Bradyrhizobium* no estado de Roraima, relatam que a produção de grãos, embora com limitação na formação dos nódulos nas plantas cultivadas em nível de campo, a inoculação mostrou-se viável e capaz de substituir a adubação nitrogenada.

No tocante à seleção de isolados nativos e estirpes de rizóbios, e suas respostas em fixação simbiótica de N₂ atmosférico por plantas leguminosas utilizadas na adubação verde e outras finalidades em diversas regiões do Brasil, pesquisas têm mostrado estirpes promissoras para algumas culturas. Estudos com feijão-caupi (ZILLI et al., 2006; COSTA et al., 2011); guandu comum (FERNANDES; FERNANDES, 2000); guandu-anão e guandu fava-larga (RUFINI et al., 2014a, 2014b); guandu, feijão-caupi, feijão-de-porco (FERNANDES et al., 2003), feijão-de-porco (SILVA et al., 2007); *Crotalaria* spp. (NOSOLINE et al., 2011); e

estilosantes *capitata* (CHAVES, 2014) revelam estirpes de rizóbios nativas de uso potencial para essas culturas.

Esses trabalhos demonstram que a seleção de estirpes de *Rhizobium* e *Bradyrhizobium* efetivas na FBN, para as mais diversas condições de clima, solos e culturas no Brasil são imprescindíveis para avaliar a capacidade de fixação de N₂ dessas cepas para cada condição edafoclimática, e são relevantes na busca de alternativas que visam o aumento da produção e produtividade vegetal e a sustentabilidade dos agroecossistemas.

O uso de leguminosas inoculadas com rizóbios com fins à adubação almeja dentre outros fatores a diminuição do uso de insumos externos, principalmente a substituição parcial ou total da adubação nitrogenada, de modo a garantir o N fixado para suprimento da própria planta e/ou sua utilização como adubo verde, assim como melhoras nos atributos físicos, químicos e biológicos do solo e a minimização das agressões ao ambiente natural. Nesse sentido Moreira e Siqueira (2006) enfatizam a importância econômica e ambiental do uso desses micro-organismos na FBN, uma vez que pode-se dispensar total ou parcialmente o uso de adubos nitrogenados, reduzindo custos, e diminuindo os impactos ao ambiente natural causados pelo uso intensivo e inadequado desses insumos.

Concernente ao uso de adubos nitrogenados como forma de suprir as necessidades de N das plantas, além do alto custo energético envolvido em sua síntese química e produção desses fertilizantes e do desperdício devido à baixa eficiência de utilização pelas plantas, geralmente abaixo de 50% (MERCANTE et al., 2014), deve-se considerar os danos ambientais causados pelo uso indiscriminado desses fertilizantes, já que a lixiviação e o escoamento superficial do N resultam no acúmulo de formas nitrogenadas, em particular o nitrato, nos rios, lagos, aquíferos subterrâneos, podendo atingir níveis tóxicos a peixes e homens, e no tocante às perdas gasosas de N₂, notadamente o NO₂, estas contribuem para a formação e aumento do “buraco” na camada de ozônio (HUNGRIA et al., 2001, 2007).

Outras abordagens relativas à utilização de plantas leguminosas e seus efeitos no sistema solo-planta foram avaliadas, e dentre essas assinalamos o estudo envolvendo o balanço de entrada e saída de N e outros elementos no solo oriundos da decomposição da biomassa de guandu e disponibilizado a hortaliças em sistemas orgânicos (ALVES et al., 2004); os ensaios para verificar a incorporação e liberação de nutrientes de leguminosas a frutíferas como laranja-pêra (SILVA et al., 2002) e maracujá (GAMA-RODRIGUES et al., 2007); para avaliar a sucessão entre cultivos de milho e couve consorciados com leguminosas em plantio direto em sistema orgânico (SILVA et al., 2011a); os experimentos avaliando os

efeitos do usos de leguminosas no controle e sucessão de plantas espontâneas (FAVERO, et al., 2001); na recuperação da fertilidade de solos (ALCÂNTARA et al., 2000) e também a influência de leguminosas/adubos verdes no controle de fitonematóides em cultivos orgânicos (MORAES et al., 2006).

Uma ampla abordagem sobre adubação verde, manejo de fitomassa e fixação biológica de nitrogênio foi debatida por Calegari et al. (1993a), onde esses autores apontam inúmeras vantagens da adoção dessa técnica, como a incorporação e ciclagem de nutrientes no sistema solo-planta, a conservação do solo, o controle da erosão, o melhoramento de atributos químicos, físicos e biológicos do solo, a retenção de água no solo, o controle de plantas daninhas, o controle de fitonematóides, e incrementos na produção e produtividade de culturas em sucessão, rotação ou consorciadas.

Em estudo com plantas para adubação verde, Favero et al (2000), destacam que espécies vegetais espontâneas são vistas como invasoras, daninhas, “inços”, etc. nos campos agrícolas, competindo com as culturas principais. Esses autores salientam que espécies espontâneas podem trazer os mesmos benefícios na cobertura do solo, na produção de biomassa e ciclagem de nutrientes que espécies introduzidas ou cultivadas como adubo verde. Os ensaios de Favero et al. (2000), constataram que várias plantas espontâneas continham teores de potássio (K), magnésio (Mg) e fósforo (P) maiores que nas leguminosas feijão-deporco, feijão bravo do Ceará, guandu, lab-lab e mucuna preta.

Mercante et al. (2014), assinalam que os benefícios da utilização de leguminosas como adubação verde são amplamente conhecidos, porém poucos estudos em campo tem sido realizados para se quantificar a contribuição efetiva da FBN nessas plantas e avaliar a dinâmica do N no sistema solo-planta. Nesse sentido trabalhos foram implantados no intuito de determinar o percentual ou total de N₂ atmosférico fixado via simbiose por plantas leguminosas ou avaliar a dinâmica de liberação de N₂ fixado pelas leguminosas às culturas sucessoras em rotação ou em consórcios como os ensaios de Aita et al. (2001) e Scivittaro et al. (2003), que trataram de transferências do N fixado por leguminosas ao milho e de Paulino et al. (2009), que relataram as contribuições do N₂ fixado por plantas leguminosas às frutíferas mangueira e gravioleira.

Nesse contexto, Ambrosano et al. (2007), enfatizam que muitas pesquisas da dinâmica no sistema solo-planta inviabilizam-se, por várias ocasiões, pela dificuldade em determinar a fonte originária do N, e que a técnica isotópica, que utiliza do isótopo estável ¹⁵N, permite obter informações precisas da dinâmica do nitrogênio no sistema solo-planta. Marcando-se a

fonte de interesse com ^{15}N , um adubo verde como exemplo, é possível determinar no solo e na cultura cultivada, em sucessão ou sequência, a porcentagem e a quantidade de ^{15}N derivado do adubo verde.

Brito et al. (2009), em ensaio de contribuições da absorção de nitrogênio do solo, do fertilizante enriquecido com em 10% de átomos de ^{15}N em excesso e da fixação biológica de N, assinalam que a fixação simbiótica forneceu a maior parte do N acumulado por plantas de feijão comum e caupi, seguida, em ordem decrescente, pelo solo e fertilizante artificial nitrogenado. Por sua vez, Silva et al. (2006) em trabalho de campo avaliando a quantidade N nativo do solo absorvido pela cultura do milho em sistema de plantio direto, observaram que o solo forneceu maior quantidade de N para o milho, comparado ao fertilizante nitrogenado sintético na forma de ureia marcada com ^{15}N e os adubos verdes crotalária e milheto marcados com ^{15}N .

Em experimento avaliando o desempenho de mucuna-verde em diferentes espaçamentos Silva et al. (2011b), mensuraram a produção de massa seca, a taxa de FBN e nitrogênio derivado da FBN (N-FBN) na parte aérea derivada da atmosfera, e apontaram que independentemente do arranjo espacial adotado, cerca de 70% do N presente na parte aérea dessa espécie é derivado do processo da FBN.

Miranda et al. (2003), determinando a FBN em acessos de amendoim forrageiro (*Arachis* spp.) com uso da técnica da abundância natural de ^{15}N , observaram que a produção de fitomassa seca dos acessos mais promissores foi correlacionada com o N das plantas derivado do processo de fixação simbiótica de nitrogênio, apontando a eficiência da simbiose entre a espécie e as estirpes de *Bradyrhizobium* nativas do solo. Indicam ainda esses autores que se deve dar ênfase ao potencial de fixação de N_2 em estudos de adaptação de leguminosas forrageira.

Para potencializar o uso de leguminosas, é necessário identificar espécies mais adaptáveis à região, e adequá-las a melhor forma de manejo, sendo necessária ainda a determinação do quantitativo N adicionado ao sistema e a capacidade de substituição de fertilizantes nitrogenados artificiais (CERETTA, 1994), e nesse sentido para que novas espécies possam ser aproveitadas na adubação verde, estudos devem ser conduzidos para avaliação da capacidade de produção de biomassa, a FBN, cobertura de solo, entre outras características indispensáveis ao manejo da leguminosa (SILVA et al., 2011b).

Destacam SILVA et al.(2011b), que as poucas espécies utilizadas na adubação verde são uma base genética estreita, o que pode acarretar ao longo do tempo, problemas como o

surgimento e susceptibilidade às doenças. Acrescentam ainda os autores que a inclusão de novas espécies a serem aproveitadas na adubação verde, dependem da condução de estudos a fim de avaliar a capacidade de produção de matéria seca, a FBN, taxas de cobertura do solo, entre outras características preponderantes ao manejo de leguminosas.

A utilização de leguminosas como adubo verde é uma importante alternativa para suprir a crescente demanda por adubos orgânicos, que ocorre atualmente no Brasil, e para atender esta carência é necessário à identificação de espécies para adubação verde que possam produzir grande quantidade de massa e com grande incorporação de N fixado simbioticamente e, além disso, serem plantas de fácil cultivo e facilmente integradas a diversos sistemas de produção agropecuária (LEAL et al., 2012). Nesse sentido Xavier et al. (2006) ressaltam que em ambientes tropicais a importância do processo de FBN está vinculado à baixa disponibilidade de nitrogênio nos solos, agravada pela lixiviação desse nutriente.

Plantas da família Fabaceae como crotalária júncea, crotalária spectabilis, estilosantes (cv. Campo Grande), feijão-de-porco, guandu (cv. anão e cv. fava-larga) e mucuna-cinza pertencem à subfamília papilionoideae (papilionáceas) são capazes de fixar o N₂ atmosférico, incorporar matéria orgânica e nutrientes ao solo, podendo ser utilizadas para várias finalidades (cobertura, consórcio, rotação, sucessão, pré-cultivo, alimentação humana e animal) nas mais diversas condições edafoclimáticas. Suas principais características estão descritas na Tabela 1.

Muitas espécies de leguminosas cultivadas para diversas finalidades apresentam comportamento promíscuo, e tem baixa especificidade em estabelecer simbiose com bactérias diazotróficas de vários gêneros como relatado em diversos trabalhos. Autores como Rufini et al. (2014a), apontam o guandu como uma espécie altamente promíscua, por sua vez Lima et al. (2005), Melloni et al. (2006) e Xavier et al. (2006) relatam o comportamento promíscuo e a grande capacidade do feijão-caupi em nodular com diversos gêneros rizóbios, já Souza et al. (2003), descrevem o feijoeiro como um hospedeiro promíscuo, assinalando que uma diversidade de bactérias nodulíferas são capazes de formar associação de eficiência variável com essa espécie.

Tendo em vista esse comportamento associativo variável entre hospedeiro e microrganismos fixadores de N₂, testes de eficiência agrônômica devem ser implantados nas mais diversas condições do País, pois há necessidade de se conhecer para o potencial e efetividade de cada cepa indicada, seja uma estirpe controle para se confirmar os efeitos

positivos, ou uma estirpe teste para se avaliar sua capacidade em promover o crescimento e desenvolvimento vegetativo.

A avaliação da capacidade de FBN passa por testes de seleção em campo, onde novas estirpes de rizóbios são avaliadas quanto à sua eficiência na assimilação do nitrogênio atmosférico, para serem ou não validadas como inoculante microbiano. Rumjanek et al. (2006), enfatizam que a recomendação comercial de estirpes de rizóbios para uso agrícola, dependem de análise técnica da eficiência agrônômica desses microrganismos, e dependendo dos impactos dessas avaliações, podem ser aprovadas como provisórias ou definitivas.

A grande diversidade climática e de solos nos agroecossistemas do Brasil sugerem a necessidade de selecionar, testar e comparar estirpes de inoculantes eficientes na simbiose para as mais diversas espécies de leguminosas (plantas de cobertura, adubos verdes, forrageiras, graníferas, quebra-ventos, florestais, grãos, etc.), a fim de aferir em diversas condições regionais e específicas, seus potenciais quanto a FBN, e assim apontar plantas e bactérias promissoras nesses processos biológicos, traduzidas em diversos indicadores como o acúmulo de fitomassa seca, produção de sementes, adaptação ao ambiente local, acúmulo e conteúdo de nitrogênio oriundo da FBN, etc.

Tabela 1. Espécies e cultivares utilizadas no experimento e suas principais características.

Espécie	Principais características
Crotalária júncea - <i>Crotalaria juncea</i> L.	Originária da Índia e Ásia tropical. São plantas anuais, eretas, arbustivas, de crescimento determinado, tolerantes a solos de mediana fertilidade argilosos ou arenosos, apresentam rápido crescimento e cobertura do solo. Produção de massa seca ente 4 t ha ⁻¹ a 15 t ha ⁻¹ , com potencial de produção em condições de precipitação pluvial entre 200 e 400 mm. Possui sistema radicular profundo e pivotante o que confere capacidade de fixar N e de ciclagem de nutrientes no perfil do solo. São consideradas “más” hospedeiras de nematoides-formadores-das-galhas.
Crotalária spectabilis - <i>Crotalaria spectabilis</i> Roth	Originária da América do Sul (Brasil) e do Norte. São plantas anuais, eretas, subarbustivas de crescimento determinado. Podem ser utilizadas em cultivo solteiro ou consorciadas a fruteiras (corte na floração ou início da frutificação), tanto para a produção de fitomassa como para produção de sementes.
Guandu - cultivar IAC <i>Fava-Larga - Cajanus cajan</i> (L.) Millsp	Originário provavelmente da Índia e África tropical ocidental. São plantas anuais ou semi-perenes, eretas, arbustivas de porte alto e crescimento determinado e adaptadas a solos de textura arenosa e de reduzida fertilidade. Apresenta potencial produtivo de fitomassa em precipitações entre 200 e 400 mm. Tem capacidade de

	<p>produção de fitomassa seca entre 5 t ha⁻¹ a 18 t ha⁻¹. Sistema radicular vigoroso, profundo, conferindo resistência da espécie à secas, e capacidade de subsolagem natural. Foi selecionada para a produção de grãos e semente, para a produção de fitomassa e alimentação animal.</p>
<p>Guandu - cultivar IAPAR-43-Aratã - <i>Cajanus cajan</i> (L.) Millsp</p>	<p>Originário provavelmente da Índia e África tropical ocidental. São plantas anuais, eretas, arbustivas, de crescimento determinado, ciclo curto (florescimento entre 60 a 70 dias e fim de ciclo entre 140 a 150 dias), altura ente 1,2 m a 1,8 m, adaptadas a solos de textura arenosa e de reduzida fertilidade. Tem potencial produtivo de fitomassa em regiões com precipitações entre 200 e 400 mm. Possui potencial de produção de matéria seca de 7 t ha⁻¹. Apresenta um sistema radicular vigoroso, profundo, conferindo resistência da espécie à seca, e capacidade de subsolagem natural. Tem potencial de multiplicidade de uso, uma vez que foi desenvolvido para adubação verde, produção de grãos e alimentação de aves.</p>
<p>Mucuna-cinza - <i>Mucuna pruriens</i> (L.) D.C.</p>	<p>Originária da África. É uma espécie rústica, anual, herbácea, vigorosa, com ramos trepadores. Tem crescimento mais rápido que outra espécie de mucuna, tendo maior rapidez na cobertura e proteção do solo e controle das ervas daninhas, além de produzir maior massa vegetal. São consideradas condicionadoras do solo, com elevada capacidade de fixação biológica de nitrogênio (FBN) e de ciclagem de nutrientes, tendo tolerância ao alumínio (Al).</p>
<p>Feijão-de-porco - <i>Canavalia ensiformes</i> (L.) D.C.</p>	<p>Originário da América Central. É uma espécie anual, ereta, herbácea, com crescimento inicial lento, resistente às altas temperaturas e adaptadas a solos com deficiência de fósforo (P). Suas plantas têm altura ente 80 cm e 120 cm, com ciclo de 90-80 dias a 130-140 dias. Sistema radicular profundo que confere a espécie resistência a veranicos. Produzem entre 5 t ha⁻¹ a 8 ha⁻¹ de fitomassa seca.</p>
<p>Estilosantes cv. Campo Grande – <i>Stylosanthes spp.</i></p>	<p>É uma cultivar composta pela mistura física das espécies <i>Stylosantes Capitata</i> Vogel e <i>Stylosanthes macrocephala</i> M.B. Ferreira et S. Costa, na proporção de 80% e 20% respectivamente. São espécies originárias da América Central e do Sul, adaptadas a solos de baixa fertilidade natural e arenosos. Apresenta porte herbáceo de até 1,5 metros e hábito de crescimento ereto/prostrado, resistência alta ou média à antracnose (<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>), baixa tolerância e persistência ao superpastejo, alta produção de sementes, boa palatabilidade e valor forrageiro médio. Tem capacidade de produção de matéria seca entre 8 a 12 Mg ha⁻¹. É uma cultivar adequada ao consórcio com gramíneas, tem boa persistência ao pastejo e ressemeadura natural e baixa retenção de folhas nas secas.</p>

Fonte: (WUTKE et al., 2014; EMBRAPA, 2000, 2007; BARCELLOS et al., 2008; IAC, 2016; IAPAR, 2016).

2.2 Análise quantitativa de crescimento

Cada espécie vegetal, de acordo com suas características intrínsecas, apresenta determinadas exigências quanto à fertilidade do solo. A criteriosa escolha das espécies de plantas a serem utilizadas como adubo verde quanto à sua adaptação nas diferentes condições edafoclimáticas é preponderante para se lograr êxito na implantação da prática (CALEGARI et al., 1993b). Enfatizam ainda esses autores que não é conveniente que se façam correções e adubações pesadas no solo, quando se pretende a implantação de uma determinada espécie, mas sim a seleção adequada de plantas adaptadas às diferentes situações. Além do solo, um dos fatores mais importantes é o clima com todas as suas características específicas.

Plantas de cobertura (adubos verdes) vêm sendo usadas, mesmo empiricamente e por diversas civilizações, como alternativa para diversificação e melhoria do potencial das áreas agrícolas exploradas nas diferentes regiões da terra. Nas mais diversas regiões brasileiras, em distintos sistemas agroecológicos contingenciados em termos de clima e solo, tem-se verificado que os diferentes adubos verdes nem sempre são usados de forma compatível com as adequadas sucessões de culturas. Isso é devido à falta de informações e experiências regionais comprovadas, acontecendo com mais frequência em regiões de mais recente exploração agrícola (CALEGARI, 2014).

Análise quantitativa de crescimento é o primeiro passo na análise primária das culturas e requer informações que podem ser obtidas sem a necessidade de laboratório ou equipamentos sofisticados, sendo que as informações requeridas são o peso seco (biomassa) da planta toda e suas partes (raízes, caules, folhas, frutos, etc.), e, a área foliar ou tamanho do aparelho fotossintetizante, obtidas a intervalos de tempo regulares durante o desenvolvimento fenológico da planta (MACHADO et. al, 1982; PEREIRA; MACHADO, 1987), constituindo-se assim na primeira etapa utilizada para quantificar a produção final de plantas (PEIXOTO et al., 2011).

Este método descreve as condições morfo-fisiológicas da planta em diferentes intervalos de tempo, entre duas amostragens sucessivas, e visa acompanhar a dinâmica da produção fotossintética, avaliada através da acumulação de matéria seca (MAGALHÃES et. al., 1985). Conforme Silva et al. (2000), essa metodologia tem sido bastante empregada na investigação de fenômenos ecológicos sobre o crescimento, tais como: a adaptabilidade das espécies em ecossistemas diversos, efeitos de competição de cultivares, efeitos de técnicas agrônomicas sobre o crescimento; além dos fatores intrínsecos que estão associados a

fenômenos fisiológicos básicos, a exemplo de fotossíntese, da respiração e de processos morfo-genéticos, entre outros.

Através da análise de crescimento podem-se estimar os efeitos de diferentes tratamentos, aplicados em um vegetal de interesse econômico, a partir da medição sequencial do acúmulo de matéria orgânica, tanto em uma como em várias fases do crescimento, ou em todo o ciclo da cultura estudada (LUCCHESI, 1984).

Em trabalho conduzido em condições controladas para avaliar índices fisiológicos e crescimento inicial de cultivares de mamoeiro (*Carica papaya* L.), Lima et al. (2007), observaram que os índices fisiológicos taxa de crescimento absoluto (TCA), Taxa de crescimento relativo (TCR), taxa assimilatória líquida (TAL) e razão de área foliar (RAF) são eficientes para identificar diferenças no crescimento inicial de mudas de mamão, e foi possível indicar através da RAF (relação entre área foliar e o peso da matéria seca total da planta), a variedade mais promissora dentre as avaliadas para obtenção de maior rendimento.

Diniz et al. (2008), estudando a taxa de crescimento relativo (TCR), que representa a quantidade de material que está sendo acumulada em função da massa inicial por unidade de tempo, e a produção do brócolis em sistema orgânico, em resposta a diferentes doses de composto orgânico, observaram que as mais altas taxas de crescimento relativo (TCR) da cultura foram observados entre a segunda e a quarta semana após o transplante das mudas e, que a área do dossel da cultura, foi entre as variáveis estudadas, a que mais se correlacionou com a produção comercial e acúmulo de matéria seca, sendo indicada para avaliação de crescimento por método não destrutivo.

Por meio da análise de crescimento Alvarez et al. (2012) caracterizaram os componentes fisiológicos e desempenho agrônomo, com produtividade de grãos, de cultivares de arroz de terras altas (*Oryza sativa* L.), e observaram que os índices fisiológicos como índice de área foliar (IAF), taxa de crescimento da cultura (TCC), taxa assimilatória líquida ou aparente (TAL), taxa de crescimento relativo (TCR), entre outros permitem caracterizar e entender o comportamento de cada uma dessas cultivares.

O fundamento da análise de crescimento é justamente a tomada de medida sequencial da acumulação de matéria orgânica na planta, sendo que a sua determinação é feita, via de regra, considerando a massa da matéria seca ou fitomassa (MAGALHÃES et al., 1985; PEIXOTO et al., 2011).

O peso da matéria seca e a área foliar em diferentes épocas de coleta são os elementos necessários da cultura a ser analisada. O primeiro indicador é o mais utilizado, pois determina o aumento do material acumulado nos órgãos ou na planta toda, sem considerar o conteúdo de água, e o segundo índice possibilita mensurar a eficiência das folhas das culturas em estudo (LUCCHESI, 1984).

Pesquisadores têm utilizado a análise quantitativa de crescimento na tentativa de explicar diferenças no crescimento das plantas, de ordem genética ou resultantes de modificações ambientais, e esta dinâmica de crescimento pode ser acompanhada por meio de fórmulas matemáticas (PEIXOTO et al., 2011).

Dentre os fatores ambientes associados com as alterações do crescimento de plantas, radiação solar, temperatura, suprimento de água e de nutrientes tem sido os mais estudados, sendo também o método de grande valor na avaliação das diferenças intervarietais e interespecíficas que definem a capacidade produtiva da planta (MAGALHÃES et al., 1985).

Dessa forma a análise de crescimento apresenta-se como uma técnica válida para estudar as bases fisiológicas da produção, e por consequência, a influência exercida pelas variáveis ambientais, genéticas e agronômicas nas plantas (SILVA et al., 2000). Para avaliar tratamentos diversos em diferentes espécies vegetais a análise de crescimento é fundamental, pois retrata as mudanças na produção em função do tempo, o que não é possível com simples registro de rendimento de produção de matéria seca ou de grãos, por exemplo.

Apesar da importância das plantas de cobertura e da adubação verde, esta é uma prática conservacionista pouco utilizada no estado de Roraima, necessitando-se, desse modo, de informações básicas como espécies mais adaptadas às condições locais, com suas respectivas características fenológicas, curvas de crescimento e produção de fitomassa seca, capacidade de fixação biológica de nitrogênio – FBN, índices ou parâmetros fisiológicos, estirpes de rizóbios recomendadas, etc. para que se criem subsídios necessários à indicação das mesmas para os agroecossistemas locais e sistemas agroecológicos.

**CAPÍTULO I - FIXAÇÃO BIOLÓGICA DE NITROGÊNIO E PRODUÇÃO DE
FITOMASSA AÉREA EM LEGUMINOSAS PARA ADUBAÇÃO VERDE NA
SAVANA DE RORAIMA.**

RESUMO

As leguminosas crotalária júncea, crotalária spectabilis, guandu, feijão-de-porco, mucuna-cinza e estilosantes são plantas tropicais herbáceas e arbustivas utilizadas em diversos sistemas de produção agrícola e condições edafoclimáticas, onde servem de adubação verde, pré-cultivo, consórcio, rotação, sucessão de cultivo, aleias, quebra ventos, cobertura de solo, controle de plantas espontâneas e fitonematóides, forrageira e grãos. Este trabalho foi realizado com o objetivo de testar e comparar a eficiência simbiótica de estirpes de bactérias do gênero *Bradyrhizobium* spp. fixadoras de nitrogênio, a partir da avaliação da nodulação, no desenvolvimento das raízes, no acúmulo de fitomassa seca e teor de nitrogênio na parte aérea aos 30 dias e no teor e acúmulo de nitrogênio na parte aérea na época da floração em dois anos de cultivo na savana de Roraima. Foram implantados dois experimentos, no campo experimental Água Boa da EMBRAPA/RR, em Boa Vista, durante as estações das chuvas (denominado inverno local) em dois anos consecutivos, 2014 e 2015. O delineamento experimental adotado dos experimentos foi o de blocos ao acaso e os tratamentos utilizados foram os seguintes, de acordo com as espécies: testemunha absoluta, testemunha nitrogenada (adição de 100 kg de N-mineral ha⁻¹) padrão para todas as espécies, estirpes controle BR 2003 e BR 2001 e estirpe teste BR 10228 para a crotalária júncea; testemunhas, estirpe controle BR 2003 e estirpe teste BR 10228 para a crotalária spectabilis; testemunhas, estirpes controle BR 2003 e BR 2801 e estirpe teste BR 10231, BR 10240 e BR 10228 para guandu-anão e guandu fava-larga; testemunhas, estirpes teste BR 10223, BR 10222, BR 10230 e BR 10228 para mucuna-cinza; testemunha absoluta, testemunhas estirpe controle BR 2003 e estirpe teste BR 10230, BR 10062 e BR 10061 e BR 10232 para o feijão-de-porco; testemunhas e estirpes controle BR 446, BR 443 e BR 445 para a estilosantes Campo Grande. Observou-se a partir dos resultados que as estirpes teste BR 10228; BR 10228 e BR 10240; BR 10228 e BR 10230 são eficientes em promover o crescimento e acúmulo de matéria seca para a crotalária júncea, para o guandu-anão e para a mucuna-cinza, respectivamente. As estirpes controle BR 2003 e BR 2001; BR 2003; BR 2003 e BR 2801 apresentaram potencial em promover acúmulo de fitomassa seca nas espécies crotalária júncea, crotalária spectabilis e guandu-anão respectivamente, confirmando sua condição de estirpes recomendadas para essas leguminosas. Houve influência do ano de cultivo nos tratamentos nas culturas do guandu fava-larga e feijão-de-porco na produtividade de fitomassa, denotando instabilidade entre os anos 2014 e 2015.

Palavras-chave: Fixação biológica de nitrogênio, plantas de cobertura, leguminosas herbáceas e arbustivas.

ABSTRACT

Biological nitrogen fixation and biomass production in legumes for green manure in Roraima savannah

Legumes sunnhemp, *crotalaria spectabilis*, pigeon pea, jack bean, velvet bean and *Stylosanthes* are herbaceous and shrubby tropical plants used in several systems of agricultural production, soil and climate conditions, that is possible to use as green manure, pre-crop, intercrop, rotation, crop succession, alley crops, windbreaks, soil cover, control weeds and nematodes, forage and grains. The objective of this study was to compare the symbiotic efficiency of bacteria strains genus *Bradyrhizobium* spp. nitrogen fixers, from the evaluation of nodulation, development of the roots, the dry matter accumulation and nitrogen content in the shoot at 30 days (flowering) and the content of nitrogen accumulation in shoots in two crops in Roraima's savannah. Two experiments were conducted in Água Boa experimental station (EMBRAPA/RR) in Boa Vista, during the rainy seasons (local winter) in two consecutive years, 2014 and 2015. The experimental design adopted in these experiments was a randomized complete block design and the treatments were followed, according to the species: absolute control, nitrogen control (adding 100 kg of mineral N ha⁻¹) standard for all species, strains control BR 2003 and BR 2001 and BR 10228 strain test for sunnhemp; absolute and nitrogen witnesses, strain-control BR 2003 and BR 10228 strain test for *crotalaria spectabilis*; absolute and nitrogen witness, strains control BR 2003 and BR 2801 strain and test BR 10231, BR 10240, BR 10228 for pigeon pea; controls with and without addition of N, test strains BR 10223, BR 10222, BR 10230 and BR 10228 for velvet bean; absolute and nitrogen witnesses, strain-control BR 2003 and strain-test BR 10230, BR 10062, BR 10061 and BR 10232 for the jack bean; control without and with addition of N-mineral and control strains BR 446, BR 443 and BR 445 to *stylosanthes* Campo Grande. It was observed from the results that the test-strains BR 10228, BR 10228 and BR 10240; BR 10228 and BR 10230 are effective in promoting growth and dry matter accumulation for sunnhemp, pigeon pea and velvet bean, respectively. Strains control BR 2003 and BR 2001; BR 2003, BR 2003 and BR 2801 showed effectiveness in promoting dry matter accumulation in sunnhemp, *crotalaria spectabilis* and pigeon pea, respectively. Confirming their status as strains recommended for these legumes. There was influence of the crop year in treatments in crops pigeon fava-larga and jack bean in biomass productivity, indicating instability in the years 2014 and 2015.

Keywords: biological nitrogen fixation, green manure, herbaceous and shrubby legumes.

3 INTRODUÇÃO

Existe uma unanimidade de que a disponibilidade de água e dos nutrientes (N) e fósforo (P) representa o principal fator limitante à produção agrícola. Na sua falta a água pode ser suprida às lavouras via irrigação e o P por meio de fertilizantes, embora microrganismos como os fungos micorrízicos e bactérias promotoras de crescimento (BPC), possam incrementar a superfície das raízes e promover maior absorção desse elemento. Outros, como bactérias do gênero *Aspergillus*, são capazes de solubilizar fonte fosfatadas de baixa disponibilidade às plantas (MERCANTE et al., 2014). Somente certas bactérias, chamadas diazotróficas ou fixadoras de N₂ são capazes de transformar o N₂ da atmosfera em NH₃ ou aminoácidos, que podem ser utilizado pelas plantas (DÖBEREINER, 1997).

As bactérias diazotróficas podem ser classificadas em três grupos segundo sua relação com a planta hospedeira. As bactérias diazotróficas de vida livre são capazes de fixar N₂ independentemente de um hospedeiro superior, as endofíticas que apresentam relação um pouco mais estreita com o hospedeiro, e as simbióticas que são dependentes de uma interação íntima com a planta hospedeira (MERCANTE et al., 2014).

No processo de FBN, ocorre a redução de N₂ a NH₃, onde nitrogênio atmosférico é catalisado pelo complexo enzimático da nitrogenase, encontrado somente em alguns organismos procariotos, denominados fixadores de N₂ ou diazotróficos, principalmente microorganismos do domínio *Bacteria* (MERCANTE et al., 2014). Essas bactérias diazotróficas são chamadas popularmente de rizóbios.

As fabáceas (leguminosas), em associação com bactérias diazotróficas (rizóbios) do solo, apresentam a capacidade de utilizar o N do ar e transferi-lo às plantas em troca de carboidratos aos microrganismos. Essa relação simbiótica acumula nitrogênio (N) no tecido das leguminosas, que quando cortadas vão reciclá-lo no solo e, decompostas, fornecem N às culturas que vem em sucessão ou diretamente via consórcio (AMBROSANO et al., 2014).

O nitrogênio (N) constitui componentes essenciais da célula vegetal sendo considerado um nutriente fundamental na produtividade das culturas; entretanto os solos brasileiros apresentam, em sua maioria, baixo teor de N, tornando a adubação nitrogenada uma prática indispensável, e nesse contexto, os adubos artificiais se destacam como a principal fonte de adição desse elemento ao solo (DARTORA et al., 2013). Já Perin et al. (2004), enfatizam que o N é um dos nutrientes que mais limitam o crescimento das plantas nos trópicos, e preconizam o uso de adubos verdes para reduzir a necessidade de aplicação de N sintético.

Considerando o alto custo econômico e ambiental do processo industrial de fixação de N aliado ao aumento da demanda por alimentos, surge a necessidade de se incorporar à agricultura, novas tecnologias que visem o uso racional de adubos nitrogenados artificiais (DARTORA et al., 2013). Uma alternativa é a utilização dos benefícios proporcionados pela associação entre bactérias diazotróficas, fixadoras de nitrogênio atmosférico N₂, e espécies de interesse econômico e ambiental como as leguminosas.

O aumento no consumo de fertilizantes artificiais e a elevação de seus preços no Brasil implicam na abertura de grande oportunidade para estímulo à exploração de processos biológicos economicamente viáveis, como a FBN (ZILLI et al., 2009). Acrescentam esses autores que o processo de FBN não tem sido explorado de forma ampla na agricultura tropical, apesar de seu potencial no aumento da produtividade agrícola, ficando o uso de inoculantes quase que restrito à cultura da soja.

As quantidades de acúmulo de N na parte aérea de plantas para cobertura variam bastante, conforme a espécie, técnicas de cultivo utilizadas e as condições edafoclimáticas de cada região. Wutke et al. (2014), apresentam intervalos de valores de acúmulo de N para diversas culturas utilizadas na adubação verde e cobertura de solo nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste do Brasil, entre elas a crotalaria júncea com produtividade de 150 a 450 kg ha⁻¹ de N, a crotalaria spectabilis entre 60 e 120 kg ha⁻¹ de N, o guandu de 37 a 280 kg ha⁻¹ de N, a leucena de 200 a 600 kg ha⁻¹ de N, e a mucuna cinza de 120 a 210 kg ha⁻¹ de N.

De acordo com Silva et al. (2002) a principal vantagem do emprego de espécies de leguminosas na adubação verde é reduzir a aplicação de nitrogênio via adubo químico, pois essas plantas fixam N₂ atmosférico, através de simbiose com bactérias do gênero *Rizhobium*, enriquecendo o solo com esse nutriente. Da mesma forma Perin et al. (2003) informam que a adubação verde utiliza espécies de diferentes famílias botânicas, sejam nativas ou introduzidas, que cobrem o solo em períodos de tempo ou ao longo de todo o ano.

Alvarenga et al. (2001), em trabalho abordando plantas de cobertura para sistema de plantio direto (SPD) consideram que 6 Mg ha⁻¹ de resíduos de vegetais sobre a superfície do solo seja uma quantidade apropriada ao SPD, acrescentando que com esse valor consegue-se uma boa cobertura do solo. Entretanto, esses autores ponderam que essa quantidade pode variar de acordo com a espécie cultivada, a região, as condições edafoclimáticas e as taxas de decomposição do material vegetal.

Existe grande variação na produtividade de produção de biomassa em leguminosas utilizadas como adubos verdes ou plantas de cobertura, conforme as condições

edafoclimáticas que elas se desenvolvem. Uma das espécies que se destacam é a crotalária júncea, com produtividades de 9,34 Mg ha⁻¹ obtida por Perin et al. (2004), até 15,00 Mg ha⁻¹ conforme apresentado por Leal et al. (2012). Para o guandu Nascimento e Silva (2004), conseguiram produção de matéria seca de 9,39 Mg ha⁻¹, já Alcântara et al. (2000), encontraram produtividade de 13,2 Mg ha⁻¹. Padovan et al (2011), em estudos com feijão-deporco, obtiveram produtividade variando entre 4,55 e 7,65 Mg ha⁻¹ para duas ecorregiões onde se desenvolveram esses ensaios.

Os adubos verdes são de grande importância para a agricultura, pois promovem a ciclagem mais rápida de nutrientes, favorecendo seu uso pela cultura seguinte, principalmente daqueles elementos com potencial de lixiviação como o nitrogênio e cátions trocáveis ou que podem ser retido com relativa facilidade, a exemplo do fósforo em solos intemperizados (RODRIGUES et al., 2012).

Adubos verdes podem influenciar a qualidade do solo, de acordo com as características específicas de cada espécie, pela ação da cobertura viva proporcionada pelo dossel, pelos efeitos da cobertura morta resultante de resíduos da parte aérea e pela ação dos sistemas radiculares. A cobertura vegetal (viva ou morta) proporciona: dissipação de energia da chuva; impedimento da ação direta dos raios solares; e minimização da ação dos ventos (SOUZA et al., 2014).

Estudos voltados à FBN são bastante discutidos na literatura, abordando entre outros assuntos, aspectos ligados à sua eficiência e importância ambiental e econômica no cultivo, aproveitamento e utilização de diversas plantas leguminosas para os mais diversos sistemas de produção agrícola. Por outro lado pesquisas têm sido empreendidas para também se fazer uso dos benefícios da FBN em outras espécies, a exemplo da cana-de-açúcar, gramíneas forrageiras e cereais, conforme abordado por Döbereiner (1990, 1997) e Hungria (2011).

Avanços no melhoramento genético e nas pesquisas em microbiologia do solo tornaram possível a substituição total ou parcial da adubação nitrogenada pelo uso de inoculantes com estirpes de rizóbios eficientes em diversas culturas (SILVA, 2007). A principal cultura e de grande expressão econômica no Brasil que se beneficia dessa associação planta e microrganismo é a soja.

Apesar de a utilização de inoculantes na cultura da soja ser o exemplo mais evidente do uso de bactéria diazotróficas na agricultura brasileira, existem estirpes oficialmente indicadas para as mais diversas espécies de leguminosas, abrangendo espécies herbáceas, arbustivas, arbóreas e florestais empregadas para as mais diversas finalidades, conforme pode

ser verificado na Instrução Normativa nº 13 de 24 de março de 2011 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA.

Em algumas regiões do Brasil o uso de inoculantes comerciais não tem mostrado eficiência na promoção de nodulação nas raízes, no incremento do crescimento vegetal e tampouco em elevar os teores de N contido no tecido vegetal, como verificado por Fernandes e Fernandes (2000) e por Fernandes et al. (2003) para o ecossistema de tabuleiro costeiro de Sergipe. Essa informação remete à necessidade de se testar em nível local estirpes teste e estirpes comerciais para determinadas cultura, a fim de se aferir a eficiência, a sobrevivência no solo e a habilidade destas em competir com estirpes nativas.

Dentre as diversas leguminosas herbáceas e arbustivas tropicais à disposição para utilização como plantas de cobertura e adubação verde, destacam-se as crotalárias, entre elas a *Crotalaria juncea* L., a *Crotalaria spectabilis* Roth; o guandu, *Cajanus cajan* (L.) Millsp, cultivares IAC fava-larga e anão IAPAR-43-Aratã; a mucuna-cinza, *Mucuna pruriens* (L.) D.C.; e o feijão-de-porco, *Canavalia ensiformis* (L.) D.C. e a *Stylosanthes* spp. (estilosantes cv. Campo Grande).

A identificação de espécies de leguminosas adaptadas aos agroecossistemas locais onde serão introduzidas é essencial para garantir o uso dessas plantas, visto que o sucesso de sua utilização futura depende de conhecimentos, como comportamento, adaptação, exigências, persistência da espécie nas condições ambientais onde será introduzida.

Portanto, baseado nessas argumentações, objetivou-se com este estudo avaliar a eficiência simbiótica de bactérias do gênero *Bradyrhizobium* sobre diferentes leguminosas para adubação verde, a partir de sua capacidade em promover nodulação e crescimento das raízes, acúmulo de matéria seca e nitrogênio na parte aérea, nas condições de savana de Roraima.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Localização e caracterização climática e de solos da área experimental

Foram implantados dois experimentos no Campo Experimental Água Boa, pertencente ao Centro de Pesquisa Agroflorestral de Roraima – Embrapa/RR, em Boa Vista – RR. O campo experimental Água Boa, da Embrapa Roraima, está localizado nas coordenadas geográficas: 60° 39' 38" W e 02° 15' 00" N, com cota média de 90 metros de altitude, em região de domínio de cerrado/savanas, caracterizado como savana graminosa, localmente denominado de Lavrado, com predomínio no estrato herbáceo da poácea *Trachypogon plumosus* Ness, e no arbóreo/arbustivo emergindo caimbés (*Curatella americana*) muricis/mirixis (*Crassifolia* spp.), destacando-se ainda a ocorrência de *Mauritia flexuosa* ou buriti (SILVA, 1997).

De acordo com a classificação Climática de Köppen (BRASIL, 1975), o clima da região é do tipo AW, tropical chuvoso, quente e úmido, com estação seca bem definida. Na região onde se implantaram os experimentos, a estação seca prolonga-se de setembro a março, sendo os meses de janeiro, fevereiro e março os de maiores déficits hídricos, e a estação das águas tem início em abril/maio e estende-se até agosto/setembro, com maiores concentrações pluviométricas nos meses de maio, junho e julho. A precipitação média anual é de 1600 mm, entre as isoietas de 1400 a 1700 mm (BARBOSA, 2007). Os solos onde foram instalados os experimentos nos dois anos de cultivo são classificados como Latossolo Amarelo (EMBRAPA, 1999).

As temperaturas médias do ar e as taxas de precipitação pluviométrica do Campo Experimental Água Boa (EMBRAPA/RR) durante a condução do experimento, nas estações chuvosas de 2014 e 2015 encontram-se na Figura 1.

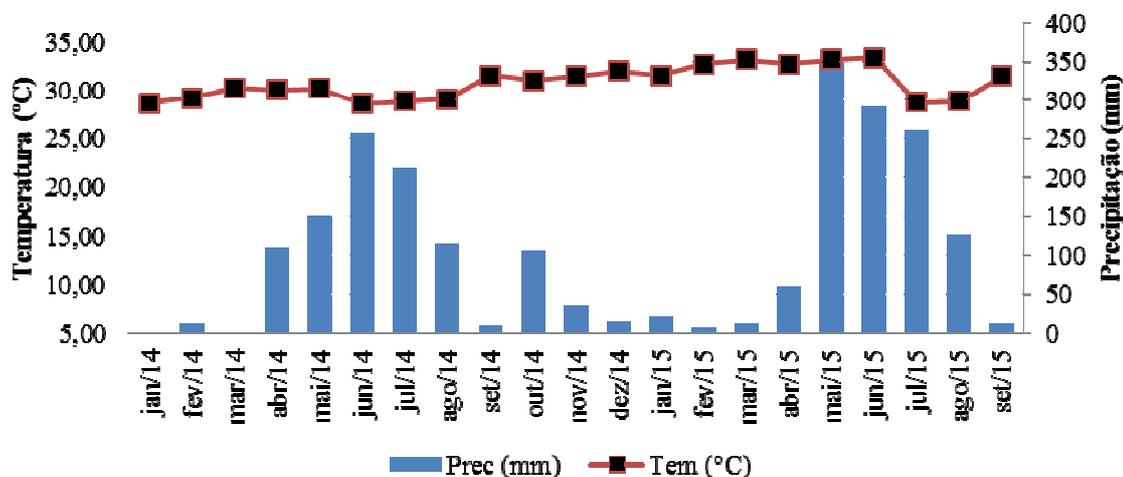


Figura 1. Temperatura média mensal do ar (°C) e precipitação pluviométrica em milímetros (mm), nas estações chuvosas durante os períodos de cultivo nos anos 2014 e 2015. (Fonte: estação climatológica campo Água Boa, EMBRAPA/RR).

A instalação dos experimentos foi realizada durante a estação chuvosa, denominado no local como período de inverno. As precipitações mais intensas na região ocorrem entre os meses de abril/maio a agosto/setembro. Os experimentos foram implantados durante dois anos, sendo que o primeiro cultivo foi implantado em 2014 com a realização do plantio das leguminosas nos dias 12 e 13 de junho e conduzido o experimento até novembro de 2014, e o segundo cultivo no período chuvoso de 2015 com a operação de semeadura também entre os dias 02 e 15 de junho, e conduzido o experimento até setembro de 2015.

As áreas experimentais, tanto do ano de 2014 quanto do ano de 2015, não tinham histórico de nenhum tipo de cultivo ou correções, portanto era um ambiente natural, constituído de pastagem nativa. A análise de solo apresentou, na camada de 0-20 cm, os valores descritos na Tabela 2, para as áreas cultivadas nos 2014 (área 1) e 2015 (área 2), destacando que os locais utilizadas na condução dos estudos apresentavam solo arenoso.

De acordo com os resultados das análises de fertilidade do solo realizou-se a correção do solo com o uso de 2000 kg ha⁻¹ de calcário dolomítico, espalhado homogeneamente antes do preparo do solo, a adubação corretiva com fósforo (P) ou fosfatagem e com potássio (K) ou potassagem na base de 180 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 200 kg ha⁻¹ de K₂O, respectivamente, utilizando como fontes de P e K o superfosfato simples e cloreto de potássio, distribuídos 50% antes do preparo do solo e 50% na ocasião da demarcação dos sulcos de plantio, utilizando uma adubadora mecânica.

Tabela 2. Resultado das análises químicas de amostras de Latossolo Amarelo realizadas antes da instalação do experimento.

Característica do solo	Profundidade (0 a 20 cm)	Profundidade (0 a 20 cm)
	---2014/Área 1---	---2015/Área 2---
pH (CaCl ₃)	4,1	5,1
Matéria orgânica (g dm ⁻³)	1,1	5,0
P (mg dm ⁻³)	3,0	3,0
K (mg dm ⁻³)	0,01	0,007
Ca (cmol dm ⁻³)	0,3	0,2
Mg (cmol dm ⁻³)	0,2	0,1
H+Al (cmol dm ⁻³)	2,5	1,5
Al ⁺³ (cmol dm ⁻³)	0,8	0,2
CTC (cmol dm ⁻³)	3,0	1,8
Soma de bases (cmol dm ⁻³)	0,5	0,3
Saturação de bases (V%)	17	16
Sat. Al (m%)	61	39
S (SO ₄) (mg dm ⁻³)	3,0	2,0
Cu (mg dm ⁻³)	0,1	0,3
Fe (mg dm ⁻³)	30	13
Zn (mg dm ⁻³)	0,2	0,55
Mn (mg dm ⁻³)	0,6	0,5
B (mg dm ⁻³)	0,39	0,14
Areia (g kg ⁻¹)	760	670
Silte (g kg ⁻¹)	40	51
Argila (g kg ⁻¹)	200	279

Fonte: análises realizadas na EMBRAPA/RR (2014, 2015).

4.2 Caracterização do experimento e delineamento experimental.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, com 04 (quatro) repetições, sendo que o número de tratamentos ou fontes de nitrogênio variou de acordo de com as espécies e cultivares de leguminosas testadas, conforme Tabela 2.

Cada parcela ou unidade experimental teve uma área de 24 m², formada por oito linhas de plantio de 6,0 metros de comprimento, com espaçamento de 0,5 metros entre linhas ou sulcos. A área útil foi composta pelas seis linhas centrais. As duas linhas laterais, uma de cada lado, e um metro das extremidades das linhas centrais foram utilizados como bordadura. A exceção ao tamanho das parcelas e espaçamento foi para a cultura da estilosantes Campo Grande, estabelecida em parcelas de 8 m², composta de 8 linhas de 4 m espaçadas de 0,25 m. A área útil de 2 m² foi composta pelas quatro linhas centrais, descontando-se duas linhas laterais de cada lado das parcelas e um metro nas cabeceiras.

A semeadura foi realizada manualmente após preparo convencional do solo com utilização de grade aradora pesada e niveladora, adubação e a demarcação dos sulcos ou

linhas de plantio com equipamento motomecanizado. A inoculação das sementes com as estirpes avaliadas foi realizada no momento da semeadura.

Os inoculantes foram fornecidos pela Embrapa Agrobiologia, e fazem parte da coleção de bactérias diazotróficas daquela unidade. As sementes das sete espécies e cultivares avaliadas, descritas na Tabela 3, receberam inóculos de bactérias do gênero *Bradyrhizobium* no dia da semeadura na proporção de 1g do inoculante, em veículo turfoso, para 50 g de sementes, que foram umedecidas com água potável adicionada de 10% de açúcar cristal para auxiliar na fixação dos inoculantes às sementes.

Tabela 3. Tratamentos e estirpes de *Bradyrhizobium* que foram avaliados para as diferentes espécies de leguminosas.

Espécies testadas						
Crotalária spectabilis	Crotalária júncea	Guandu-anão	Guandu fava-Larga	Mucuna-cinza	Feijão-de-porco	Estilosantes cv. Campo Grande
T1 - Sem aplicação de N e sem inoculação	T1 - Sem aplicação de N e sem inoculação	T1 - Sem aplicação de N e sem inoculação	T1 - Sem aplicação de N e sem inoculação	T1 - Sem aplicação de N e sem inoculação	T1 - Sem aplicação de N e sem inoculação	T1 - Sem aplicação de N e sem inoculação
T2 - Tratamento nitrogenado com ureia (50 kg de N ha ⁻¹ na data de plantio e 50 kg de N ha ⁻¹ aos 35 dias após a semeadura - DAE)	T2 - Tratamento nitrogenado com ureia (50 kg de N ha ⁻¹ na data de plantio e 50 kg N ha ⁻¹ aos 35 dias após a semeadura - DAE)	T2 - Tratamento nitrogenado com ureia (50 kg de N ha ⁻¹ na data de plantio e 50 kg de N ha ⁻¹ aos 35 dias após a semeadura - DAE)	T2 - Tratamento nitrogenado com ureia (50 kg de N ha ⁻¹ na data de plantio e 50 kg de N ha ⁻¹ aos 35 dias após a semeadura - DAE)	T2 - Tratamento nitrogenado com ureia (50 kg de N ha ⁻¹ na data de plantio e 50 kg de N ha ⁻¹ aos 35 dias após a semeadura - DAE)	T2 - Tratamento nitrogenado com ureia (50 kg de N ha ⁻¹ na data de plantio e 50 kg de N ha ⁻¹ aos 35 dias após a semeadura - DAE)	T2 - Tratamento nitrogenado com ureia (50 kg de N ha ⁻¹ na data de plantio e 50 kg de N ha ⁻¹ aos 35 dias após a semeadura - DAE)
T3 - Controle estirpe BR 2003	T3 - Controle estirpe BR 2003	T3 - Controle estirpe BR2003	T3 - Controle estirpe BR2003	T3 - Estirpe teste BR 10223	T3 - Controle estirpe BR2003	T3 - Controle estirpe BR 446
T4 - Estirpe teste BR 10228	T4 - Controle estirpe BR 2001	T4 - Controle estirpe BR2801	T4 - Controle estirpe BR2801	T4 - Estirpe teste BR 10222	T4 - Estirpe teste BR10228	T4 - Controle estirpe BR 443
	T5 - Estirpe teste BR 10228	T5 - Estirpe teste 10231	T5 - Estirpe teste BR 10231	T5 - Estirpe teste BR 10230	T5 - Estirpe teste BR 10062	T5 - Controle estirpe BR 445
		T6 - Estirpe teste BR 10240	T6 - Estirpe teste BR 10240	T6 - Estirpe teste BR 10228	T6 - Estirpe teste BR 10061	
		T7 - Estirpe teste BR 10228	T7 - Estirpe teste BR 10228		T7 - Estirpe teste BR 10232	

O estande adotado foi o seguinte: crotalária júncea, espaçamento de 0,5 m entre linhas e 25 sementes por metro linear, resultando em 500.000 plantas ha⁻¹; crotalária spectabilis: 35 sementes metro linear, com 0,5 m entre linhas, estande de 700.000 ha⁻¹; feijão-de-porco: 5 sementes por metro linear, com 0,5 m entre linhas, resultando em plantas 100.000 ha⁻¹; guandu cv. IAPAR-43 Aratã (anão) e cv. IAC fava-larga com 0,5 m entre fileiras e 20 sementes por metro linear, estande de 400.000 plantas ha⁻¹; mucuna-cinza 0,50 m entre linhas e 4 sementes por metro, resultando em 80.000 plantas hectare⁻¹; estilosantes cv. Campo Grande, com 0,25 m entre linhas e 20 sementes por metro linear, resultando em 800.000 ha⁻¹.

Foram plantadas para efeito controle quatro parcelas de milho (*Zea mays*) e arroz (*Oryza sativa*), para serem utilizadas como plantas-controle não fixadora de N₂ ou planta referência da abundância natural do isótopo ¹⁵N disponível no solo, assim como foram coletadas amostras de espécies nativas de plantas, reconhecidamente não fixadoras, *Trachypogon* spp. que ocorrem naturalmente nas mesmas condições de cultivo.

4.3 Avaliações

4.3.1. Avaliação da nodulação

Para avaliação da nodulação e crescimento das raízes as plantas foram colhidas aos 30 dias após a semeadura, com exceção da espécie estilosantes campo grande que foi colhida aos 90 dias após o plantio. As coletas foram efetuadas em 1 metro linear, na segunda linha ou sétima linha de cada parcela, sendo que para a espécie estilosantes Campo Grande coletaram-se 10 (dez) plantas aleatoriamente por parcela.

No momento da coleta as plantas tiveram as raízes separadas da parte aérea na altura do nó cotiledonar e lavadas, após isso os nódulos foram retirados e contados, na sequência foram pesados para e obtenção massa fresca.

O sistema radicular, após destacados os nódulos, e a parte aérea foram pesados para determinação da massa de matéria fresca, e colocados em estufa de ventilação forçada, a temperatura entre 60 – 65 °C, até atingirem massa constante, e assim obteve-se a massa de matéria seca desses componentes.

Após a secagem da parte aérea, esse material foi finamente triturado em moinho mecânico. Em seguida foram retiradas amostras para determinação do percentual e acúmulo de N total na parte aérea, pela técnica de digestão úmida de Kjeldahl, de acordo com o descrito por ALVES et al. (1994).

Avaliaram-se as seguintes variáveis: número de nódulos (NN), matéria fresca de nódulos (MFN), massa fresca por nódulo (MPN), a matéria seca da raiz (RMS) das plantas colhidas aos 30 dias, e no caso do estilosantes aos 90 dias.

Os dados foram submetidos aos testes de normalidade e homogeneidade das variâncias dos erros, e que quando houve necessidade de transformação de dados, utilizaram-se as fórmulas $(X+1)^{0.5}$ e $\ln(X)$. As variáveis com nível de significância pelo teste F em até 5% tiveram as médias dos tratamentos comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância, utilizando-se para tal o programa estatístico SISVAR, versão 5.3 (FERREIRA, 2011).

4.3.2. Produção de biomassa e análises laboratoriais

Para as plantas colhidas aos 30 dias foi determinado a matéria seca da parte aérea (MSPA) e teor de nitrogênio (TNPA).

Para quantificar a produção de fitomassa aérea e determinação dos teores de nitrogênio na floração (TNF) e acúmulo de nitrogênio na floração (ANF), realizou-se a coleta de plantas quando apresentavam aproximadamente 50% das flores abertas, e no caso de espécies de ciclo mais longo (guandu fava-larga), no início do período seco, em área útil de 8 m², correspondendo a quatro linhas de 4 metros lineares, espaçadas 0,5 metros, desprezando-se um metro linear nas cabeceiras de cada linha. O corte foi feito a cerca de 5 cm acima da superfície do solo.

Para a espécie mucuna-cinza a coleta das plantas foi realizada com auxílio de uma grade de madeira com área útil de 0,25 m², que foi lançada ao acaso na área útil de cada uma das parcelas; já para a estilosantes Campo Grande a colheita das plantas foi em dois metros lineares, colhendo-se um metro linear em duas linhas da área útil, desprezando um metro nas cabeceiras.

Após a coleta das plantas obteve-se o peso da fitomassa fresca da parte aérea no campo, em seguida foram retiradas subamostras que foram pesadas em laboratório, na sequência foram embaladas em sacos de papel e colocadas em estufa de ventilação forçada, à temperatura de 65 °C, permanecendo até a atingir massa constante. Novamente foram pesadas para obtenção do peso da matéria seca da subamostra, e com auxílio de fórmula matemática obteve-se a fitomassa seca da parte aérea. A partir da relação massa fresca/massa seca da amostra se conheceu a massa total por hectare.

Os dados obtidos foram submetidos aos testes de normalidade e homogeneidade de variância dos erros. Para algumas fontes de variação (características) houve necessidade de

transformação dos dados onde se utilizou a fórmula $(X+1)^{0.5}$ ou $\ln(X)$. As variáveis cujo teste F foi significativo em nível de até 5% tiveram as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5%, utilizando-se o programa estatístico SISVAR, versão 5.3 (FERREIRA, 2011).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificou-se bastante variação no ciclo da maioria das leguminosas, especialmente a entrada na fase da floração, entre os anos de cultivo 2014 e 2015, onde geralmente o período ideal para corte das plantas, com cerca de 50% das plantas com floração ou 50% das flores abertas, ocorreu tardiamente em 2014 e mais precoce em 2015, com gradiente de até 45 dias, a exemplo do guandu fava-larga.

Esse comportamento possivelmente está correlacionado à ocorrência e distribuição de chuvas que foram mais abundantes em 2015 (Figura 1), ressaltando que em 2015, ocorreram mais chuvas em maio, mês precedente ao plantio das leguminosas, em relação a 2014, possivelmente dando melhores condições de umidade ao solo e, por conseguinte ao desenvolvimento inicial das plantas. A exceção foi o guandu-anão, que apresentou floração com pequena diferença de idade, ou seja, de dias após a semeadura, entre 2014 e 2015.

Entretanto as diferenças de precipitação entre 2014 e 2015, com maiores registros nesse último ano, não refletiram diretamente na produção de massa seca na floração, onde observou-se bastante flutuação na acumulação de fitomassa seca de acordo com a espécie nos anos de cultivo.

5.1. Crotalária júncea.

Para a crotalária júncea, apenas para a variável número de nódulos (NN) aos 30 dias não foi possível realizar a análise conjunta de experimentos anos 2014 e 2015, tendo em vista que a razão entre o maior quadrado médio do resíduo (QMR1) e menor quadrado médio do resíduo (QMR2) foi superior a 7 (sete), ou seja, $QMR1/QMR2 > 7$ o que não possibilitou, de acordo com Pimentel-Gomes (2011), sua avaliação conjunta.

Todas as estirpes testadas foram capazes de nodular a crotalária júncea nos anos de cultivo 2014 e 2015, assim como os tratamentos sem inoculação, com ou sem N mineral adicionado ao solo apresentaram nodulação, conforme descrito na Tabela 4. Espécies como guandu e a crotalária fazem parte de espécies de leguminosas que tem capacidade de associar-se em simbiose às bactérias diazotróficas nativas encontradas nos solos de diversas regiões, promovendo sua nodulação e crescimento, como relatado em outros trabalhos (FERNANDES; FERNANDES, 2000; FERNANDES et al., 2003; RUFINI et al., 2014; BRITO et al., 2014).

Constatou-se a tendência nos anos 2014 e 2015, de a testemunha sem inoculação com adição de N apresentar a menor média de nodulação em comparação a testemunha absoluta

(Tabela 4), mostrando que esse nutriente aplicado via adubação de plantio inibiu a nodulação natural, como constatado em outros experimentos (MELO; ZILLI, 2009; COSTA et al. 2011).

Tabela 4. Número de nódulos por planta⁻¹ aos 30 dias (NN), da espécie crotalária júncea, avaliados separadamente para anos 2014 e 2015.

Fontes de nitrogênio	NN (por planta ⁻¹)	
	2014	2015
Testemunha absoluta	3,66b ¹	8,08a ¹
Nitrogenado	2,98b	5,29a
Estirpe controle BR 2003	12,55a	22,07a
Estirpe controle BR 2001	5,19b	9,32a
Estirpe teste BR 10228	3,55b	17,95a
Médias	5,59	12,54
C.V.(%)	42,21	33,67

¹Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Skott-Knott em nível de 5% de probabilidade. *Dados transformados pela fórmula $(X+1)^{0,5}$.

A estirpe controle BR 2003 apresentou as maiores médias nos anos 2014 e 2015, sendo estatisticamente superior somente no ano de 2014 (Tabela 4). No ano de 2015, a estirpe controle BR 2003, apesar de apresentar média superior aos demais tratamentos, não diferiu estatisticamente das demais fontes de N. Pode-se destacar também o bom desempenho da estirpe teste BR 10228 em promover nodulação expressiva na crotalária júncea (Tabela 4).

A variável número de nódulos (NN) geralmente apresenta um alto coeficiente de variação (C.V.) conforme Tabela 4, uma vez que em condições de cultivo a campo é difícil controlar meticulosamente as fases de coleta das raízes e retirada dos nódulos.

Geralmente ficam nódulos no solo, e da mesma forma durante a lavagem das raízes para se destacar se perdem algumas dessas estruturas, principalmente de leguminosas que formam nódulos muito pequenos e/ou de diversos tamanhos, que é o caso das leguminosas avaliadas neste ensaio. Por conseguinte as variáveis: massa fresca de nódulos por planta⁻¹ (MFN) e massa fresca por nódulo (MPN) também apresentam C.V. bastante elevados.

Para a variável número de nódulos por planta (NN), Brito et al. (2014), avaliaram as respostas à inoculação em crotalária júncea, utilizando as mesmas fontes de N do presente trabalho, em plantas colhidas aos 60 dias, registraram a maior nodulação para a estirpe teste BR 10228 (CPAC B10), contudo este tratamento não diferiu estatisticamente dos demais. Os valores de NN apresentadas por esses autores, entre 10,8 e 19,9 nódulos por planta, foram superiores aos deste trabalho.

Silva et al. (2014), trabalhando com crotalária júncea em casa de vegetação, colhida aos 60 dias, utilizando duas formas de inoculação, sendo uma via semente e outra via substrato, utilizando como estirpes referência a BR 2003 e BR 2001, relataram que esta estirpe de *Bradyrhizobium* spp. (BR 2001) quando inoculada via substrato mostrou-se superior estatisticamente aos demais tratamentos na formação de nódulos.

A variável matéria fresca de nódulos por planta (MFN) apresentou interação entre ano de cultivo e tratamentos, ou seja, houve influência dos anos de plantio nos diversos tratamentos ou fontes de nitrogênio disponibilizadas às culturas (Tabela 5). A estirpe controle BR 2003 foi superior estatisticamente aos demais tratamentos nos anos 2014 e 2015. Brito et al. (2014), em ensaio com crotalária júncea e as mesmas fontes de nitrogênio não encontrou diferenças significativas no resultado da variável massa de nódulos secos por planta (MSN/P), onde a estirpe controle BR 2001 obteve a melhor média seguida da estirpe teste BR 10228.

Tabela 5. Desdobramento da interação ano de cultivo e fontes de N, para variável massa fresca de nódulos aos 30 dias (MFN), na crotalária júncea em área de savana em Roraima.

Fontes de nitrogênio	MFN (mg planta ⁻¹)	
	2014	2015
Testemunha absoluta	95,61b ¹	223,95b ¹
Nitrogenado	88,83b	93,24c
Estirpe controle BR 2003	269,20a	511,27a
Estirpe controle BR 2001	105,09b	246,86b
Estirpe teste BR 10228	111,68b	308,21b
Médias	134,08	276,71
C.V.(%)	30,39	

Os valores representam médias de quatro repetições. ¹Médias seguidas da mesma letra nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5%.

Para a variável massa fresca por nódulo (MPN) não houve diferença estatística quanto ao desempenho das formas de fornecimento de N às plantas (Tabela 6). Do mesmo modo não se verificou diferentes estatisticamente significantes no acúmulo de matéria seca das raízes (RMS) entre os tratamentos, apenas vale destacar o maior acúmulo para a o tratamento nitrogenado e o menor desempenho observado na testemunha absoluta, como pode ser verificado na Tabela 6.

Em estudo com crotalária júncea em casa de vegetação Silva et al. (2014), para plantas colhida aos 60 dias, utilizando como estirpes referência a BR 2003 e BR 2001, relatam que esta última estirpe quando inoculada via substrato apresentou-se estatisticamente superior aos demais tratamentos na produção de matéria seca das raízes (RMS), resultados esses não corroborados no presente estudo (Tabelas 6). Esses autores apresentam médias entre 100 e

103 mg planta⁻¹, inferior aos encontrados no presente trabalho, com intervalo entre 167 e 267 mg planta⁻¹ (Tabela 6).

Tabela 6. Massa fresca por nódulo (MPN) e matéria seca das raízes aos 30 dias (RMS), da espécie crotalária júncea em dois anos de cultivo, em área de savana em Roraima.

FATORES	MPN (mg nódulo⁻¹)	RMS* (mg planta⁻¹)
Ano de cultivo		
2014	26,31a ¹	195,30a ¹
2015	28,84a	218,92a
C.V.1	113,23	29,84
Fontes de nitrogênio		
	2014	2015
Testemunha absoluta	27,966a ¹	167,920a ¹
Tratamento nitrogenado	22,185a	267,078a
Estirpe controle BR 2003	33,276a	228,040a
Estirpe controle BR 2001	30,161a	173,521a
Estirpe teste BR 10228	24,285a	198,990a
Médias	27,57	207,11
C.V.2	53,60	18,16

Os valores representam médias de quatro repetições. ¹Médias seguidas da mesma letra nas colunas, para a mesma variável, dentro de cada fator, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. * Dados transformados para pela fórmula $(X+1)^{0,5}$.

O tratamento nitrogenado e a estirpe controle BR 2003 apresentaram os maiores valores de matéria seca da parte aérea por planta aos 30 dias (MSPA) diferindo-se estatisticamente dos demais tratamentos, enquanto a estirpe teste BR 10228 apresentou a menor média de produtividade (Tabela 7). Quanto a variável matéria seca na floração (MSF) não houve diferenças nos efeitos dos tratamentos, embora a estirpe teste BR 2003 tenha proporcionado a maior média com produtividade de 5,227 Mg ha⁻¹ (Tabela 7). A menor média foi verificada para a testemunha absoluta. Quanto ao teor de nitrogênio aos 30 dias (Tabela 7), o tratamento nitrogenado, o controle positivo BR 2003 e a estirpe teste BR 10228 se agruparam e diferiram dos demais tratamentos.

Houve diferença estatística entre as médias de MSF dos anos de cultivo 2014 e 2015, com melhor produtividade para 2014, possivelmente devido ao fato de a floração média ter sido mais tardia em 2014 (89 dias) em relação ao ano de 2015 (63 dias), o que pode ter proporcionado maior acúmulo de massa em 2014 (Tabela 7). Talvez a maior abundância de chuvas em 2015 tenha provocado a antecipação do período de floração dessa espécie. Nesse sentido Leal et al. (2012) avaliando diferentes épocas de semeadura e produção de fitomassa nessa espécie em Seropédica/RJ, verificaram floração mais precoce para as épocas do ano com dias mais curtos (verão), devido redução drástica de seu período vegetativo.

Tabela 7. Matéria seca da parte aérea aos 30 dias (MSPA) e teor de nitrogênio aos 30 dias (TNPA) da crotalária júncea cultivada em área de savana no estado de Roraima.

FATORES	MSPA (g planta⁻¹)	TNPA (g kg⁻¹)
Ano de cultivo		
2014	0,937a ¹	23,10a ¹
2015	1,388a	17,60a
C.V.1	40,97	23,24
Fontes de nitrogênio		
Testemunha absoluta	1,023b ¹	20,92b ¹
Tratamento nitrogenado	1,376a	25,85a
Estirpe controle BR 2003	1,353a	24,37a
Estirpe controle BR 2001	1,100b	21,46b
Estirpe teste BR 10228	0,960b	23,23a
Médias	1,163	20,35
C.V.2	22,50	12,56

Os valores representam médias de quatro repetições. ¹Médias seguidas da mesma letra nas colunas, para a mesma variável, dentro de cada fator, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Houve efeito do ano de cultivo nos tratamentos para a variável teor de nitrogênio ao tempo da floração (Tabela 8). As fontes de nitrogênio não proporcionaram diferenças nos teores de N no ano de 2014, já na análise do ano de 2015 contata-se que a testemunha absoluta foi superada significativamente por todos os demais tratamentos.

Tabela 8. Desdobramento da interação ano de cultivo e fontes de N, para a variável teor de nitrogênio na floração (TNF), na crotalária júncea cultivada em área de savana no estado de Roraima.

Fontes de nitrogênio	TNF (g kg⁻¹)	
	2014	2015
Testemunha absoluta	17,14a ¹	12,77b ¹
Tratamento nitrogenado	17,13a	17,39a
Estirpe controle BR 2003	14,15a	17,51a
Estirpe controle BR 2001	15,24a	17,63a
Estirpe teste BR 10228	16,31a	16,54a
Médias	15,99	16,37
C.V.(%)	11,44	

Os valores representam médias de quatro repetições. ¹Médias seguidas da mesma letra nas colunas, para a mesma variável, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Para o acúmulo de N (kg ha⁻¹) ao tempo da floração, houve diferença estatística entre os anos de cultivo, onde o ano de 2014 foi superior ao ano de 2015. Não se verificaram diferenças estatísticas entre os tratamentos, com maior rendimento proporcionado tratamento nitrogenado seguido pela estirpe controle BR 2003, e o menor rendimento foi obtido pela testemunha absoluta (Tabela 9).

Tabela 9. Acúmulo de nitrogênio na floração (ANF) na crotalária júncea cultivada em área de savana no estado de Roraima.

FATORES	ANF (kg ha⁻¹)
Ano de cultivo	
2014	90,88a ¹
2015	58,09b
C.V.1	37,59
Fontes de nitrogênio	
Testemunha absoluta	62,88a ¹
Tratamento nitrogenado	82,20a
Estirpe controle BR 2003	80,17a
Estirpe controle BR 2001	72,97a
Estirpe teste BR 10228	74,23a
Média	74,49
C.V.2	20,71

Os valores representam médias de quatro repetições. ¹Médias seguidas da mesma letra nas colunas, para a mesma variável dentro do mesmo fator, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Brito et al. (2014), trabalhando em condições de campo, em área de cerrado, não constata diferenças estatísticas entre os diversos tratamentos aplicados à crotalária júncea para a variável matéria seca da parte aérea por planta⁻¹ (MSPA/P) aos 60 dias, entretanto destacam o desempenho da estirpe teste BR 10228 (CPAC-B10). Assinala-se que as fontes de N utilizadas por esses autores foram as mesmas do presente ensaio, e que as médias dos tratamentos são superiores aos valores médios deste trabalho, tendo em vista a diferença na idade de corte das plantas nos dois ensaios.

Em estudo para avaliar o cultivo isolado e o consórcio de crotalária júncea e milho, Perin et al. (2004), relatam produtividade em matéria seca de 9,34 Mg ha⁻¹ para plantio solteiro dessa leguminosa, valores bem superiores aos encontrados neste estudo. Vale ressaltar que os autores informam que as sementes da *C. juncea* foram inoculadas com a estirpe recomendada BR 2001 e o tempo de floração ocorreu aos 68 dias após o plantio, similar à idade da floração verificada no ano de 2015 nas condições locais.

Em outro trabalho, Leal et al. (2012), testando o plantio de crotalária júncea em diferentes épocas do ano e idades de corte, relatam produtividades médias que variam de 2,2 Mg ha⁻¹ para plantio realizado no final da primavera e corte aos 60 dias, até 15,0 Mg ha⁻¹ para semeadura realizada no final da primavera e corte aos 120 dias. Esses autores relatam médias entre 15 e 29 g kg⁻¹ de teor de N e acúmulo entre 51 e 269 kg ha⁻¹ de N na parte aérea.

Wutke et al. (2014), encontraram médias de produtividade para essa espécie entre 10 e 15 Mg ha⁻¹ de massa seca aérea, números acima dos obtidos neste trabalho. Ceretta et al. (1994) verificaram rendimento médio em fitomassa seca, em três anos de cultivo, de 5,6 Mg

ha⁻¹, teor de N de 21,1 g kg⁻¹, e acumulação de 115 kg ha⁻¹ de N, valores mais próximos dos aferidos neste estudo.

Perin et al. (2004), constataram acúmulo de 173 kg ha⁻¹ de N₂ oriundos da fixação biológica de nitrogênio - FBN, valores superiores aos verificados neste trabalho. Já Mascarenhas e Wutke (2014), informam valores médios de teor de N acumulados pela crotalária juncea entre 11,3 a 44 g kg⁻¹, intervalo no qual as médias desse ensaio se enquadram. Pereira (2007), obteve expressivos 446,5 kg ha⁻¹ de N e 25,4 g kg⁻¹ de teor de N na crotalária júncea cultivada na primavera-verão na região sudeste do Brasil.

No presente estudo a crotalária júncea destacou-se como uma espécie de rápido crescimento inicial, com precoce acúmulo de matéria seca e cobertura do solo. É uma planta rústica e de fácil cultivo, demonstrando adaptação às condições locais, apesar de ter-se verificado senescência acentuada de folhas nos primeiros meses da estiagem local (setembro/outubro).

Embora a produtividade de fitomassa e teores e acúmulos de nitrogênio na parte aérea tenha sido abaixo dos verificados na literatura, talvez justificados pelo fato seu cultivo ter sido implantado em área natural, de solo arenoso e baixa fertilidade, além da semeadura tardia, realizada no segundo mês do período chuvoso local (meado de junho), essa cultura pode ser adotada como planta de cobertura nas condições locais, adicionando ao solo matéria orgânica e nitrogênio fixado biologicamente, além de dispensar a adubação nitrogenada em seu cultivo.

5.2. Crotalária spectabilis

Não houve diferença significativa entre os tratamentos para as diversas variáveis concernentes ao sistema radicular da crotalária spectabilis (Tabela 10). Apenas houve diferença estatística entre as médias dos anos de 2014 e 2015 para a massa fresca por nódulos (MPN), onde o ano de 2015 foi superior ao ano de 2014, fato possivelmente ligado às chuvas mais abundantes ocorridas em 2015.

A inoculação com a estirpe referência BR 2003 e a estirpe controle BR 10228 proporcionou maior número médio de nódulos por planta (NN), embora não tenha implicado em diferença estatística em relação aos demais tratamentos. Do mesmo modo estas estirpes apresentaram melhor desempenho para massa fresca de nódulos (MFN), a despeito de não terem diferido estatisticamente das demais fontes de N (Tabela 10).

Em relação à matéria seca das raízes (RMS), o tratamento nitrogenado apresentou o maior valor, destacando-se dos demais tratamentos, muito embora tenha se agrupado

estatisticamente aos demais tratamentos. A testemunha absoluta apresentou a menor média para essa variável (Tabela 10).

Tabela 10. Número de nódulos (NN), matéria fresca de nódulos (MFN), massa fresca por nódulo (MPN) e massa seca das raízes (RMS) da espécie *crotalaria spectabilis* aos 30 dias, em dois anos de cultivo em área de savana em Roraima.

FATORES	NN (por planta ⁻¹)	MFN (mg planta ⁻¹)	MPN (mg nódulo ⁻¹)	RMS* (mg planta ⁻¹)
Ano de cultivo				
2014	8,31a ¹	95,535a ¹	12,017b ¹	4,120a ¹
2015	6,27a	164,056a	26,333a	3,788a
C.V.1	49,12	67,33	43,44	12,73
Fontes de nitrogênio				
Testemunha absoluta	5,82a ¹	115,977a ¹	22,288a ¹	46,079a ¹
Nitrogenado	6,66a	99,671a	16,529a	81,496a
Estirpe controle BR 2003	8,39a	140,394a	16,709a	53,469a
Estirpe teste BR 10228	8,29a	163,141a	21,174a	48,876a
Médias	7,29	129,80	19,175	3,954
C.V.2	50,66	45,71	29,25	7,76

Os valores representam médias de quatro repetições. ¹Médias seguidas da mesma letra nas colunas, para a mesma variável e dentro do mesmo fator, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. *Dados transformados para logaritmo natural – Ln (X).

Houve interação entre o ano de cultivo e os tratamentos para a variável matéria seca da parte aérea (MSPA) nas plantas colhidas aos 30 dias. A testemunha que recebeu adubação nitrogenada (50 kg ha⁻¹ de N) apresentou a melhor média em 2014, diferindo estatisticamente das demais formas de N disponibilizada à cultura, ficando os demais tratamentos agrupados estatisticamente, obtendo a testemunha absoluta o menor desempenho (Tabela 11).

Ainda referente ao acúmulo de matéria seca da parte aérea (MSPA), verifica-se que no ano de 2015 a estirpe teste BR 10228 apresentou o maior valor e a testemunha com adição de N-mineral obteve o menor acúmulo (Tabela 11), mostrando efeito do ano de cultivo nos tratamentos, possivelmente ligados às condições ambientais, uma vez que os ensaios foram conduzidos em áreas de solos similares, onde se lançou mão das mesmas técnicas de cultivo e de metodologia de coleta.

Autores como Ferreira et al. (2000), Ferreira et al. (2008) e Zilli et. al (2013) informam que a população dessas bactérias são sensíveis às diferentes técnicas de cultivo, aos sistemas manejo de solo e de produção e às condições ambientais nos cultivos de soja, feijão-comum e feijão-caupi, respectivamente.

Tabela 11. Desdobramento da interação ano de cultivo e tratamentos para a variável matéria seca da parte aérea aos 30 dias (MSPA) da crotalária spectabilis cultivada em área de savana no estado de Roraima.

Fontes de nitrogênio	MSPA (g planta ⁻¹)*	
	2014	2015
Testemunha absoluta	0,432b ¹	0,402a
Nitrogenado	0,938a	0,389a
Estirpe controle BR 2003	0,552b	0,497a
Estirpe teste BR 10228	0,450b	0,509a
Médias	0,593	0,450
C.V.(%)	42,56	

Os valores representam médias de quatro repetições. ¹Médias seguidas da mesma letra nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. *Dados transformados com aplicação da fórmula Ln (X).

Não houve diferença estatística entre os tratamentos quanto à produção de matéria seca da parte aérea ao tempo da floração (MSF). A média dos tratamentos no ano de 2015 foi significativa em relação ao valor médio de 2014, possivelmente devido ao plantio antecipado em 2015 e ao maior volume de chuvas ocorrido em 2015 (Tabela 12). A estirpe controle BR 2003 apresentou a melhor média para acúmulo de matéria seca da parte aérea (MSF) no corte ao tempo da floração, a despeito de ter se agrupado aos demais tratamentos.

Os valores médios de rendimento de matéria seca na floração (MSF) de todos os tratamentos foram similares, variando entre 3,484 e 3,951 Mg ha⁻¹, onde se verifica que a estirpe controle BR 2003 e teste BR 10228 obtiveram o maior e o menor rendimento entre as diversas fontes de N. Tais dados apontam para a capacidade de as estirpes nativas do solo de se associarem de forma eficiente à crotalária spectabilis, e para a possibilidade de se prescindir o uso da adubação nitrogenada no cultivo da espécie (Tabela 12).

Tabela 12. Teor de nitrogênio aos 30 dias (TNPA), massa seca na floração (MSF) da crotalária spectabilis em área de savana no estado de Roraima.

FATORES	TNPA (g kg ⁻¹)	MSF (Mg ha ⁻¹)
Ano de cultivo		
2014	31,37a ¹	2,953b ¹
2015	27,50b	4,512a
C.V.1	9,80	8,33
Fontes de nitrogênio		
Testemunha absoluta	27,39b ¹	3,715a ¹
Nitrogenado	31,59a	3,781a
Estirpe controle BR 2003	28,18b	3,951a
Estirpe teste BR 10228	30,63a	3,484a
Médias	29,44	3,732
C.V.(%)	8,50	10,29

Os valores representam médias de quatro repetições. ¹Médias seguidas da mesma letra nas colunas, para a mesma variável e dentro do mesmo fator, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Silva et al. (2011a) em estudo de cultivo orgânico de couve em consórcio com crotalária *spectabilis* relatou uma produtividade de matéria seca dessa leguminosa na ordem de 1,8 Mg ha⁻¹, valores inferiores ao encontrado nos ensaio do presente trabalho, ressaltando que a crotalária naquele ensaio estava associada a uma outra cultura e não em cultivo solteiro como no presente estudo. Wutke et al. (2014), apresentam valores de produtividade de massa seca para a crotalária *spectabilis* entre 4 e 6 Mg ha⁻¹.

Já Silva et al. (2002), trabalhando durante 4 anos com diversas leguminosas como fonte de N ao solo, dentre elas a *C. spectabilis*, em cultivo intercalar com laranja “pêra” informam médias de matéria seca entre 1,33 e 3,33 Mg ha⁻¹, inferiores aos valores encontrados neste ensaio, embora deva-se considerar que nesse ensaio as leguminosas foram implantados em consórcio e não em plantio solteiro. Os valores médios do teores de N informados por Silva et al. (2002), estão entre 15 a 20 g kg⁻¹ de N, semelhantes as quantidades médias verificadas nesse experimento, descritas na Tabela 12.

Pereira (2007), obteve produtividades para a crotalária *spectabilis* na ordem de 8,7 Mg ha⁻¹, em cultivo de primavera-verão, 4,7 Mg ha⁻¹ em ensaio implantado no outo-inverno e 6,6 Mg ha⁻¹ em experimento de primavera-verão, sendo todos esses valores de rendimento de fitomassa seca na floração (MSF) maiores que os resultados obtidos no presente experimento, descritos na Tabela 12.

Na análise da variável teor de nitrogênio na floração (TNF) verificou-se que houve influência do ano de cultivo nos tratamentos. Diferenças estatísticas entre os tratamentos só foram verificadas no ano de 2014, onde o tratamento nitrogenado diferiu no teor de N das demais formas de fornecimento de N às plantas (Tabela 13).

Tabela 13. Desdobramento da interação ano de cultivo e fontes de N, para a variável teor de nitrogênio na floração (TNF), na crotalária *spectabilis* em área de savana no estado de Roraima.

Fontes de nitrogênio	TNF (g kg ⁻¹)	
	2014	2015
Testemunha absoluta	21,88b ¹	16,98a ¹
Nitrogenado	25,20a	16,45a
Estirpe controle BR 2003	18,73b	15,58a
Estirpe teste BR 10228	20,83b	18,20a
Médias	21,66	16,80
C.V.(%)	9,82	

Os valores representam médias de quatro repetições. ¹Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Quanto ao acúmulo de nitrogênio na floração, a fonte suprida com N mineral proporcionou rendimento estatisticamente superior na acumulação de N em relação aos

demais tratamentos (Tabela 14). Observa-se também que a média geral de 2015 em acumulação de N foi maior que 2014, já que a produtividade média de massa seca na floração foi maior em 2015.

Tabela 14. Acúmulo de nitrogênio na floração (ANF) em plantas de crotalária spectabilis em área de savana no estado de Roraima.

FATORES	ANF (kg ha⁻¹)
Ano de cultivo	
2014	64,21b ¹
2015	75,22a
C.V.1	9,88
Fontes de nitrogênio	
Testemunha absoluta	70,38b ¹
Nitrogenado	77,89a
Estirpe controle BR 2003	63,43b
Estirpe teste BR 10228	67,17b
Média	69,22
C.V.(%)	12,59

Os valores representam médias de quatro repetições. ¹Médias seguidas da mesma letra nas colunas, para a mesma variável e mesmo fator, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Para o teor e acúmulo de N, Pereira (2007), obteve médias entre 20,4 e 30,6 g kg⁻¹ e 144,8 e 236 kg ha⁻¹ de N nos tecidos das plantas, superiores às médias obtidas neste ensaio. Vale salientar que seus experimentos foram implantados em áreas consolidadas, com histórico de ensaios e cultivos de diversas espécies.

Observou-se um rápido crescimento para a *C. spectabilis* no ano de 2015, quando seu corte ao tempo da floração se deu aos 70 dias após a semeadura, apresentando valor médio de produtividade para os tratamentos na ordem de 4,5 Mg ha⁻¹, que entendemos ser bastante plausível para uma área em primeiro ano de cultivo.

Merece destaque também a pouca resistência dessa espécie à estiagem nas condições locais, fato observado nos dois anos do experimento, no entanto entendemos que isso não é fator impeditivo à sua implantação, pois é possível obter respostas em produção de massa verde ou seca em curto espaço de tempo com a cultura.

O cultivo da crotalária spectabilis pode ser ajustado ao manejo da cultura principal, a exemplo de Silva et al. (2011a) que a utilizou como fonte de nutrientes, principalmente N, no cultivo orgânico em consórcio com couve (*Brassica oleracea* L.), e de Silva et al. (2002) em cultivo da espécie em consórcio com cultura permanente, que a incorporou ao solo como fonte de nutrientes à laranja “pêra”.

5.3. Guandu-anão

Quanto à ocorrência de nodulação, a cultivar guandu-anão não foi influenciada pelos diversos tratamentos considerando o ano de 2014, embora se possa destacar as estirpes BR 10228, BR 2801 e BR 10240 como as de melhor desempenho nesse quesito. Para o ano de 2015 a estirpe teste BR 10228 confirmou a tendência de comportamento do ano anterior e obteve a melhor média, entretanto agrupou-se às estirpes controle BR 2801 e teste BR 10240. A estirpe teste BR 10228 (CPAC-B10) foi superior estatisticamente às testemunhas e às estirpes controle BR 2003 e teste BR 10231 (Tabela 15).

Nos dois anos de cultivo, o tratamento nitrogenado (50 kg ha^{-1} de N) apresentou as menores médias para a variável número de nódulos nas raízes (NN), indicando a inibição da nodulação e baixa eficiência na simbiose entre o guandu-anão e os rizóbios nativos do solo como efeito da aplicação de N-mineral (Tabela 15), como constatado por Chada e De-Polli (1988) para o guandu, por Melo e Zilli (2009) e Costa et al. (2011) para a cultura de feijão-caupi.

Tabela 15. Desdobramento da interação ano de cultivo e fontes de N, para variável número de nódulos planta⁻¹ (NN), no cultivo de guandu-anão em área de savana em Roraima.

Fontes de nitrogênio	NN (por planta ⁻¹)	
	2014	2015
Testemunha absoluta	1,76a ¹	2,96c ¹
Nitrogenado	1,59a	0,40c
Estirpe controle BR 2003	2,12a	6,43b
Estirpe controle BR 2801	6,05a	11,58a
Estirpe teste BR 10231	2,31a	1,54c
Estirpe teste BR 10240	4,13a	13,18a
Estirpe teste BR 10228	6,39a	15,00a
Médias	3,51	7,30
C.V. (%)	54,73	

Os valores representam médias de quatro repetições. ¹Médias seguidas da mesma letra nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Em relação aos principais efeitos para massa fresca dos nódulos (MFN) a estirpe teste BR 10228 obteve desempenho superior estatisticamente aos demais tratamentos. A estirpe controle BR 2801 e estirpe teste BR 10240 se agruparam, no entanto inferiores a cepa teste BR 10228. A menor média para a variável MFN foi obtida pelo tratamento nitrogenado (Tabela 16). No quesito massa fresca por nódulo (MPN), a estirpe teste BR 10231 e a testemunha absoluta foram superiores aos demais tratamentos.

Os coeficientes de variação das variáveis descritas na Tabela 16 foram altos devido às características da coleta em condições de campo, pois, as plantas devem ser colhidas com todas as raízes, e nem sempre é possível realizar a retirada de todo o sistema radicular do solo,

tampouco destacar todos os nódulos das raízes, que por vezes são minúsculos e também ficam aderidos no solo, dependendo das condições de umidade do momento do trabalho de campo.

Tabela 16. Matéria fresca de nódulos (MFN) e massa fresca por nódulos (MPN) da espécie guandu-anão em dois anos de cultivo em área de savana em Roraima.

FATORES	MFN (mg planta⁻¹)	MPN (mg nódulo⁻¹)
Ano de cultivo		
2014	49,837b ¹	15,381a ¹
2015	89,516a	16,193a
C.V.1	40,25	66,90
Fontes de nitrogênio		
Testemunha absoluta	39,960c ¹	20,665a ¹
Nitrogenado	10,482c	8,429b
Estirpe controle BR 2003	54,866c	13,665b
Estirpe controle BR 2801	100,215b	11,240b
Estirpe teste BR 10231	48,714c	30,051a
Estirpe teste BR 10240	89,591b	12,181b
Estirpe teste BR 10228	143,908a	14,276b
Médias	69,677	15,787
C.V.2	60,41	73,10

Os valores representam médias de quatro repetições. ¹Médias seguidas da mesma letra nas colunas, para a mesma variável e dentro do mesmo fator, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Em trabalho de campo, Rufini et al. (2014a), avaliaram a nodulação de estirpes de rizóbios para o guandu-anão, em plantas colhidas aos 60 dias, e relataram que os controles positivos BR 2003 e BR 2801 apresentaram valores estatisticamente inferiores às estirpes testes UFLA03-320 e UFLA03-321. No presente trabalho, a estirpe controle BR 2003 apresentou baixo desempenho em nodulação nos dois anos de cultivo, sendo que no ano 2014 ficou agrupada estatisticamente aos demais tratamentos. No ano de 2015 foi inferior às estirpes testes BR 10228, BR 10240 e a estirpe controle BR 2801 (Tabela 15).

Cultivando guandu-anão em vasos com Latossolo Vermelho-Amarelo, Rufini et al. (2014a), em plantas colhidas aos 120 dias, avaliando os rendimentos de massa seca de nódulos (MSN), relataram que não houve diferença estatística entre as diversas formas de fornecimento de N à essa cultivar, com exceção do tratamento com N mineral que não se agrupou aos demais tratamentos. Já no ensaio em vasos com Cambissolo os resultados foram menos uniformes, onde o tratamento estirpe controle BR 2003, seguido pela estirpe positiva BR2801 e pela estirpe teste UFLA03-320 se agruparam e foram estatisticamente superiores aos demais tratamentos.

Quanto aos resultados dos efeitos dos tratamentos no desenvolvimento das raízes (RMS), houve efeito do ano de cultivo no desempenho dos tratamentos utilizados. No ano de

2014 a testemunha nitrogenada e estirpe teste BR 10228 obtiveram as melhores médias, ficaram agrupadas e diferiram estatisticamente dos demais tratamentos. Verifica-se também que a testemunha absoluta obteve o menor desempenho (Tabela 17).

Não houve diferença significativa entre as fontes de N para a variável matéria seca das raízes (RMS) no ano de 2015, e constatou-se que as médias tiveram valores similares, variando entre 84 mg planta⁻¹ (tratamento nitrogenado) e 107 mg planta⁻¹ (estirpe teste BR 10228), que obteve o melhor rendimento nos dois anos de cultivo (Tabela 17). Os efeitos dos tratamentos em 2015 foram menos acentuados que em 2014. Os menores valores foram proporcionados pela testemunha absoluta em 2014 e pelo tratamento nitrogenado em 2015.

Tabela 17. Desdobramento da interação ano de cultivo e fontes de N, para variável matéria seca de raízes (RMS), no cultivo de guandu-anão em área de savana em Roraima.

Fontes de nitrogênio	RMS (mg planta ⁻¹)	
	2014	2015
Testemunha absoluta	43,905b ¹	93,190a ¹
Nitrogenado	107,130a	84,430a
Estirpe controle BR 2003	51,928b	107,042a
Estirpe controle BR 2801	47,748b	93,330a
Estirpe teste BR 10231	66,047b	95,520a
Estirpe teste BR 10240	56,708b	99,970a
Estirpe teste BR 10228	81,522a	107,623a
Médias	64,999	97,300
C.V.(%)	24,10	

Os valores representam médias de quatro repetições. ¹Médias seguidas da mesma letra nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Nos resultados apresentados por Rufini et al. (2014a), para plantas de guandu-anão cultivadas em vasos de Leonard e colhidas aos 60 dias, onde se utilizou as mesmas estirpes referências do presente estudo, inoculantes-teste BR 2003 e BR 2801, apontam rendimentos superiores em massa de matéria seca das raízes (RMS) em relação ao presente estudo, com valores entre 280 e 1480 mg planta⁻¹, ressaltando que as plantas deste ensaio foram colhidas aos 30 dias.

Na análise da matéria seca da parte aérea avaliada aos 30 dias (MSPA), o tratamento nitrogenado (50 kg ha⁻¹ de N), a estirpe teste BR 10228 e as estirpes controle BR 2801 e BR 2003 apresentaram os maiores valores para MSPA, ficaram agrupados e foram superiores aos demais tratamentos (Tabela 18). O melhor rendimento médio foi observado para as plantas que receberam N mineral e a menor média para a testemunha absoluta.

Nos ensaios de Rufini et al. (2014a), em casa de vegetação, cultivando guandu-anão em vasos com Latossolo Vermelho-Amarelo e Cambissolo, plantas coletadas aos 120 dias, a

testemunha que recebeu N mineral foi superior estatisticamente às demais fontes de N. Os valores médios de massa seca da parte aérea foram superiores aos do presente estudo, haja vista a idade de coleta das plantas.

Tabela 18. Matéria seca da parte aérea aos 30 dias (MSPA), teor de nitrogênio aos 30 dias (TNPA), massa seca na floração (MSF), teor de nitrogênio na floração (TNF) e acúmulo de nitrogênio na floração (ANF) do guandu-anão em área de savana no estado de Roraima.

FATORES	MSPA (g planta⁻¹)	TNPA (g kg⁻¹)	MSF (Mg ha⁻¹)	TNF (g kg⁻¹)	ANF (kg ha⁻¹)
Ano de cultivo					
2014	0,411b ¹	34,37a ¹	3,182a ¹	18,70a ¹	59,85a ¹
2015	0,845a	34,08a	3,949a	20,60a	80,59a
C.V.1	25,11	17,13	27,74	13,20	40,18
Fontes de nitrogênio					
Testemunha absoluta	0,474b ¹	29,19b ¹	3,354a ¹	17,75a ¹	59,51a ¹
Nitrogenado	0,735a	39,64a	3,766a	20,10a	76,72a
Estirpe controle BR 2003	0,636a	37,21a	3,784a	17,64a	66,84a
Estirpe controle BR 2801	0,698a	33,10b	3,560a	20,58a	73,74a
Estirpe teste BR 10231	0,571b	33,88b	3,105a	21,22a	65,54a
Estirpe teste BR 10240	0,563b	32,56b	3,606a	20,23a	72,61a
Estirpe teste BR 10228	0,721a	34,02b	3,786a	20,00a	76,53a
Médias	0,628	34,23	3,566	19,65	70,22
C.V.2	21,72	15,47	18,30	17,45	25,13a

Os valores representam médias de quatro repetições. ¹Médias seguidas da mesma letra nas colunas, para a mesma variável dentro do mesmo fator, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Para a variável MSF, não houve diferença significativa na média geral dos tratamentos, entre os anos de cultivo 2014 e 2015, onde se observa maior média para o ano 2015. Em relação à eficiência das fontes de nitrogênio para acúmulo de matéria seca ao tempo da floração (MSF), não foram constatadas diferenças estatísticas nos efeitos dos tratamentos. A estirpe teste BR 10228 obteve a maior média para a variável seca na floração (MSF), apesar de não ter diferido estatisticamente dos demais tratamentos (Tabela 18). Vale destacar que a testemunha absoluta apresentou resultado médio superior a estirpe teste BR 10231.

O tratamento nitrogenado e a estirpe teste BR 2003 proporcionaram os maiores rendimentos de teor de N na parte aérea aos 30 dias e foram estatisticamente superiores aos demais tratamentos. As demais formas de aplicação de N, inoculados e não inoculados, ficaram agrupadas no mesmo intervalo e não diferiram estatisticamente entre si (Tabela 18). O menor acúmulo de N foi verificado para o controle absoluto.

Em ensaio com essa cultivar, Teixeira et al. (2004), obtiveram produção média de 2,50 Mg ha⁻¹ e 0,676 Mg ha⁻¹ de massa verde e massa seca respectivamente, resultados inferiores aos obtidos no presente estudo. As produções médias deste ensaio forma superiores às

relatadas por Carvalho et al. (2013), que encontraram 2,12 Mg ha⁻¹ e 0,616 Mg ha⁻¹, de matéria verde e matéria seca no guandu-anão, respectivamente. Já os resultados obtidos por Calvo et al. (2010), em estudo com guandu-anão, em plantas colhidas aos 90 dias, relatam produção média de 3,28 Mg ha⁻¹, similares às médias obtidas neste trabalho.

Em outro trabalho Silveira et al. (2005), trabalhando com guandu-anão em área de plantio direto e solo manejado por 5 anos, obtiveram produtividade média de 5,51 Mg ha⁻¹, resultados semelhantes aos encontrados por Nascimento e Silva (2004), que após três anos de cultivo, apontaram média de 5,68 Mg.ha⁻¹, produções maiores que as obtidas nesse estudo. Salienta-se que o presente ensaio foi instalado em duas áreas em estado natural, em solo distrófico e arenoso, de baixa fertilidade natural, e as médias apresentadas correspondem aos anos 2014 e 2015.

Os valores apresentados por Rufini et al. (2014a), para teores de N em guandu-anão cultivados em vasos com solos, plantas colhidas aos 120 dias, apontam o tratamento nitrogenado com desempenho estatisticamente superior aos demais. A estirpe controle BR 2003, embora com menor média em teor de N foi a de melhor desempenho entre os tratamentos inoculados. No mesmo estudo, em condições de campo, esses autores apresentam teores de nitrogênio na floração (TNF) com valores entre 29,6 a 35,8 g kg⁻¹, superiores aos constatados nesse estudo.

No presente ensaio a possível presença de bactérias diazotróficas nativas nos solos onde se desenvolveram os ensaios foi capaz de estabelecer nodulação e promover o acúmulo de fitomassa no guandu-anão cultivado. Embora não se tenha estimado a população de rizóbios, com base nos dados de produção de matéria seca na floração (MSF), estatisticamente igual aos demais tratamentos, pode-se deduzir que havia população de rizóbios eficientes estabelecida no solo.

5.4. Guandu fava-larga

Não houve diferenças estatísticas entre as diversas fontes de N para o número médio de nódulos por planta⁻¹ (NN) no ano de 2014. A estirpe teste BR 10240 apresentou valores de número de nódulos superiores às demais estirpes e testemunhas nos anos 2014 e 2015, com significância apenas no ano de 2015 em relação aos demais tratamentos. No segundo ano de cultivo a estirpe controle BR 2801 e a estirpe teste BR 10228 apresentaram bom rendimento, apesar de estatisticamente inferiores o rendimento proporcionado pela estirpe BR 10240 (Tabela 19). No ano de 2015 constatou-se um ligeiro acréscimo no número de nódulos por planta em todos os tratamentos.

As testemunhas-controle sem inoculação (sem e com adubação nitrogenada) praticamente não formaram nódulos no ano de 2014, e foi observado que o tratamento suprido com N mineral apresentou a menor média de nodulação nos dois anos de cultivo (Tabela 19).

Quanto à massa fresca por nódulos (MPN) observa-se que não houve diferenças significativas no ano 2014, embora valha destacar o rendimento da estirpe BR 10240. No ano de 2015 as melhores médias foram proporcionadas pelos tratamentos inoculados com as estirpes teste BR 10231, para a testemunha sem inoculação e sem N mineral e o inóculo controle BR 2003, conforme Tabela 19, que diferiram estatisticamente dos demais tratamentos.

Tabela 19. Desdobramento da interação ano de cultivo e fontes de N, para variável massa número de nódulos (NN) e massa fresca por nódulos (MPN), no cultivo do guandu fava-larga em área de savana em Roraima.

Fontes de nitrogênio	NN		MPN	
	(por planta ⁻¹)		(mg nódulo ⁻¹)	
	2014	2015	2014	2015
Testemunha absoluta	0,89a ¹	4,90c ¹	9,063a ¹	49,140a ¹
Nitrogenado	0,65a	2,24c	5,953a	25,825b
Estirpe controle BR 2003	2,54a	6,51c	10,718a	38,068a
Estirpe controle BR 2801	2,77a	12,50b	13,005a	25,735b
Estirpe teste BR 10231	1,23a	3,48c	14,480a	53,368a
Estirpe teste BR 10240	4,09a	16,94a	18,548a	18,243b
Estirpe teste BR 10228	2,84a	10,01b	9,303a	22,583b
Médias	2,14	8,08	11,581	33,280
C.V. (%)	54,58		42,33	

Os valores representam médias de quatro repetições. ¹Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Em estudo de avaliação de estirpes de *Bradyrhizobium* spp. em guandu fava-larga cultivado em vasos com solo em casa de vegetação Rufini et al. (2014b), relatam rendimento significativo de número de nódulos (NN) para as plantas inoculadas com estirpe teste UFLA04-212 em relação aos demais tratamentos, entre estes as estirpes controle BR 2003 e a BR 2801, utilizadas no presente ensaio. No mesmo estudo esses autores não encontraram diferenças estatísticas entre os tratamentos que receberam inoculação, sejam isolados ou estirpes aprovadas como inoculantes, para a variável massa seca de nódulos (MSN).

Para a variável massa fresca de nódulos (MFN) foi observado que a estirpe teste BR 10240, os controles positivo BR 2801 e BR 2003 e a cepa teste BR 10228 se agruparam e apresentaram os maiores rendimento, diferindo significativamente dos demais tratamentos (Tabela 20). Os menores rendimentos foram proporcionados pelas testemunhas-controle. Os efeitos dos diversos tratamentos para rendimento matéria seca das raízes (RMS) não

apresentaram diferenças estatísticas, embora possa se destacar o rendimento da estirpe controle BR 10240 (Tabela 20).

Tabela 20. Massa fresca de nódulos (MFN) e matéria seca das raízes aos 30 dias (RMS) do guandu fava-larga em dois anos de cultivo em área de savana em Roraima.

FATORES	MFN (mg planta⁻¹)	RMS (mg planta⁻¹)
Ano de cultivo		
2014	33,769b ¹	58,770b ¹
2015	212,745a	11,640a
C.V.1	101,79	35,36
Fonte de nitrogênio		
Testemunha absoluta	82,733b ¹	68,028a ¹
Nitrogenado	39,571b	94,821a
Estirpe controle BR 2003	134,934a	83,224a
Estirpe controle BR 2801	179,573a	85,069a
Estirpe teste BR 10231	107,746b	87,920a
Estirpe teste BR 10240	183,861a	113,551a
Estirpe teste BR 10228	134,381a	70,819a
Médias	123,257	35,205
C.V.2	55,92	36,69

Os valores representam médias de quatro repetições. ¹Médias seguidas da mesma letra nas colunas, para a mesma variável e dentro do mesmo fator, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Valarini e Godoy (1994), em trabalho testando diversos acessos de guandu em casa de vegetação, cultivados em vasos com Latossolo Vermelho-Amarelo, inoculados com estirpes recomendadas para o guandu, não encontraram diferenças significativas para essa variável massa seca dos nódulos (MSN) entre os diversos acessos testados, o que indica o potencial dos mais diversos materiais genéticos de guandu em apresentar nodulação. Esses autores ponderam quanto à necessidade de inoculação do guandu, relatando que, embora existam populações autóctones capazes de nodular a espécie, importância deve ser considerada à inoculação de sementes, tendo em vista o incremento de N no sistema solo-planta, o processo simbiótico, e principalmente os solos de baixa fertilidade natural.

Do mesmo modo Fernandes e Fernandes (2003), selecionando estirpes nativas de bactéria nodulíferas para o guandu nos tabuleiros costeiros de Sergipe, não encontraram diferenças estatísticas entre as estirpes positivas (mistura das estirpes BR 2003 e BR 2801) e diversos isoladas, para a variável massa seca de nódulos (MSN), sendo que alguns isolados foram superiores à mistura de estirpes recomendadas como inoculantes.

Em estudo com a espécie guandu fava-larga, utilizando vasos de Leonard, com plantas colhidas aos 60 dias, Rufini (2014b), relataram que as estirpes controle BR 2003 e BR 2801 apresentaram maiores rendimentos em matéria seca das raízes (RMS) e foram significativas em relação aos demais tratamentos.

Em relação à matéria seca da parte aérea (MSPA) aos 30 dias e ao tempo da floração (MSF) houve interação entre ano de cultivo e as fontes de N (Tabela 21). Todos os tratamentos apresentaram a mesma eficiência em promover o crescimento vegetal para a variável MSPA no ano de 2014, com melhores rendimentos proporcionados pela estirpe teste BR 10228, seguido da estirpe controle BR 2801. Considerando a mesma variável no ano de 2015, o tratamento nitrogenado, as estirpes testes (BR 10231 e BR 10240) e o controle positivo BR 2801 se agruparam e foram estatisticamente superiores aos demais tratamentos. A estirpe teste BR 10228 e a estirpe controle BR 2003 obtiveram os menores valores.

Houve diferença significativa entre os tratamentos quanto à capacidade de promover o crescimento vegetativo para a variável massa da matéria seca ao tempo da floração (MSF) para o guandu fava-larga no ano de 2014. O tratamento nitrogenado seguido pelas estirpes controle BR 2003 e BR 2801 se agruparam e diferiram estatisticamente dos demais tratamentos (Tabela 21).

Tabela 21. Desdobramento da interação ano de cultivo e fontes de N, para a variável matéria seca da parte aérea aos 30 dias (MSPA) e na floração (MSF) do guandu fava-larga em área de savana no estado de Roraima.

Fontes de nitrogênio	MSPA		MSF	
	(g planta ⁻¹)		(Mg ha ⁻¹)	
	2014	2015	2014	2015
Testemunha absoluta	0,210a ¹	0,675a ¹	4,558b ¹	4,219a ¹
Nitrogenado	0,327a	0,843a	6,373a	3,615a
Estirpe controle BR 2003	0,393a	0,575b	5,653a	4,475a
Estirpe controle BR 2801	0,433a	0,753a	5,535a	4,030a
Estirpe teste BR 10231	0,278a	0,790a	4,382b	4,432a
Estirpe teste BR 10240	0,383a	0,703a	4,545b	4,001a
Estirpe teste BR 10228	0,465a	0,555b	4,966b	3,708a
Médias	0,356	0,699	5,145	4,056
C.V.(%)	24,47		16,34	

Valores médios de quatro repetições. ¹Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

No segundo ano do ensaio todos os tratamentos ficaram agrupados dentro do mesmo intervalo de significância. O maior rendimento de acúmulo de massa foi proporcionado pela estirpe controle BR 2003 e o menor pelo tratamento nitrogenado. As médias obtidas em 2015, exceto a testemunha nitrogenada e a estirpe controle BR 10228, foram muito similares (Tabela 21).

Fernandes et al. (2003), em estudo em vasos de Leonard, avaliando isolados de guandu nos tabuleiros costeiros de Sergipe, informam que o tratamento inoculado como as estirpes positivas (mistura das estirpes controle BR 2003 e BR 2801) foi superior aos demais

tratamentos (inoculados ou não) para a variável massa seca da parte aérea (MSPA) embora não tenha diferido estatisticamente de diversos isolados. Por outro lado Martins (2012), avaliando rizóbios nativos do Mato Grosso do Sul, na cultura do guandu, em ensaio em vaso de Leonard, relatou que 12 de 27 isolados testados apresentaram rendimento em matéria seca da parte aérea (MSPA) estatisticamente superior às estirpes controle (BR 2003 e BR 2801) e ao controle nitrogenado.

Em estudo com guandu fava-larga em condições de campo Rufini et al. (2014b) não encontraram diferenças estatísticas entre as estirpes controle (BR 2003, BR 2801 e BR 29), as estirpes testes, e as testemunhas (com e sem N-mineral) para produção de fitomassa na floração (MSF), ressaltando que da estirpe teste UFLA03-320 apresentou a maior média entre as formas de fornecimento de N. Os valores apresentados por esses autores para MSF foram em gramas por planta (g planta^{-1}), colhidas ao tempo da floração.

Wutke et al. (2014), informam produtividade de matéria seca para o guandu, entre 8 e 12 Mg ha^{-1} , valores superiores aos encontrados neste ensaio, ressaltando que os dois anos de cultivo foram implantados em áreas de baixa fertilidade natural, sem histórico de cultivo. Para o acúmulo de N fixado ao ano esses autores apresentam valores situados no intervalo de 37 a 280 kg ha^{-1} . Em estudo avaliando a produção de fitomassa e incorporação de nutrientes de diversas leguminosas em pomar de laranjeira, conduzido por SILVA et al. (2002), durante quatro anos, obteve-se valores entre 2,98 a 10,24 Mg ha^{-1} de rendimento de matéria seca para o guandu. O *C. cajan*, a *C. juncea*, e o feijão-de-porco promoveram a reciclagem e incorporação de quantidades significativas de nutrientes ao solo.

Observa-se, pela Tabela 22, que não ocorreu diferença estatística entre as diversas fontes de N quanto ao teor de nitrogênio (TNPA) para as plantas colhidas aos 30 dias. Embora as estirpes teste BR 10228 e BR 10240 tenham apresentados maiores teores de N.

Em trabalho de campo com guandu-fava-larga (RUFINI et al., 2014b) e guandu comum (CARNEIRO et al., 2008; PAULINO et al., 2009); apresentam teores de N (g kg^{-1}) superiores aos verificados neste experimento. No ensaio de Silva et. al. (2002) e Oliveira et al. (2008) os resultados apresentados para teor de N são semelhantes ao presente estudo.

Tabela 22. Teor de nitrogênio na parte aérea aos 30 dias (TNPA), no guandu fava-larga cultivado em área de savana no estado de Roraima.

FATORES	TNPA (g kg⁻¹)
Ano de cultivo	
2014	30,77b ¹
2015	37,93a
C.V.(%)	20,60
Fontes de nitrogênio	
Testemunha absoluta	30,78a ¹
Nitrogenado	35,88a
Estirpe controle BR 2003	34,11a
Estirpe controle BR 2801	35,95a
Estirpe teste BR 10231	31,45a
Estirpe teste BR 10240	36,11a
Estirpe teste BR 10228	36,16a
Média	34,35
C.V.(%)	14,60

Os valores representam médias de quatro repetições. ¹Médias seguidas da mesma letra nas colunas, para a mesma variável e dentro do mesmo fator, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Quanto ao teor de nitrogênio e acúmulo de nitrogênio ao tempo do lançamento dos primeiros botões florais e primeiras flores (ANF, TNF) no guandu fava-larga, observa-se que houve efeito do ano de cultivo nas fontes de N. Para a variável TNF, ano de cultivo 2014, a testemunha absoluta e a estirpe controle BR 2801 se agruparam e diferiram estatisticamente dos demais tratamentos. Para a mesma variável a estirpe controle BR 2801, e as estirpes teste BR 10 231, BR 10 240 e BR 10228 ficaram no mesmo intervalo de significância e diferiram estatisticamente das demais fontes de N. Para a variável acúmulo de nitrogênio na floração ANF não de encontraram diferenças estatísticas entre os tratamentos, nos dois anos de cultivo.

Tabela 23. Desdobramento da interação ano de cultivo e fontes de N para as variáveis: teor de nitrogênio (TNF) e acúmulo de nitrogênio na floração (ANF) no guandu fava-larga cultivado em área de savana no estado de Roraima.

Fontes de nitrogênio	TNF (g kg⁻¹)		ANF (kg ha⁻¹)	
	2014	2015	2014	2015
Testemunha absoluta	17,20a ¹	19,44b ¹	78,89a ¹	81,26a ¹
Nitrogenado	15,47b	20,84b	98,48a	75,65a
Estirpe controle BR 2003	14,90b	21,14b	84,10a	92,91a
Estirpe controle BR 2801	16,68a	22,65a	93,58a	91,33a
Estirpe teste BR 10231	14,91b	22,93a	65,32a	101,71a
Estirpe teste BR 10240	14,68b	21,98a	67,02a	87,40a
Estirpe teste BR 10228	15,82b	23,08a	78,60a	85,88a
Médias	15,67	21,72	80,57	88,02
C.V. (%)	6,33		18,58	

Os valores representam médias de quatro repetições. ¹Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Em estudo avaliando o crescimento e a produtividade do inhame cultivado entre faixas de guandu, Oliveira et al. (2006), relatam a incorporação de 159 kg ha⁻¹ de N pelo guandu ao sistema-solo planta e, desse total, aproximadamente 45% eram oriundos da fixação biológica de nitrogênio, estimando em 72 kg ha⁻¹ de N incorporado ao solo. Acrescentam ainda esses autores que a consorciação de guandu com inhame diminuiu as queimaduras foliares nesta cultura, controlou eficazmente as ervas espontâneas e aportou quantidades significativas de matéria orgânica e nitrogênio, além de ter proporcionado a ciclagem de outros macronutrientes. Já Alves et al. (2004), em trabalho com cultivo orgânico de beterraba, cenoura e feijão-de-vagem após incorporação de massa de guandu cultivado em aleia associado a essas hortaliças, constataram que essa leguminosa faz circular no sistema de produção 283 kg ha⁻¹ de N e 23 kg ha⁻¹ de fósforo (P), mantendo a produtividade das culturas econômicas no mesmo patamar do sistema convencional.

Em outro trabalho, Oliveira et al. (2008), avaliando a influência de diversas coberturas sobre a infestação de ervas espontâneas, e a produtividade da alface em dois anos de cultivo, obtiveram para o guandu teor de N de 21 g kg ha⁻¹ e o expressivo acúmulo de 545 kg ha⁻¹ de N. Os benefícios mais evidentes do uso das coberturas mortas de leguminosas foram a rápida disponibilização de nitrogênio à cultura principal. Silva et al. (2002), relatam teores de N para guandu entre 18 e 25 kg ha⁻¹, números mais próximos aos verificados neste ensaio. Em estudo conduzido por Carneiro et al. (2008), com guandu, avaliando a produção de fitomassa e seus efeitos na atividade microbiana do solo, obtiveram produtividade em produção de fitomassa de 16,93 Mg ha⁻¹ e teor de N de 26,1 g kg⁻¹.

Por sua vez, Rufini et al. (2014b), não encontraram diferenças entre as médias dos tratamentos no acúmulo de nitrogênio na parte aérea do guandu fava-larga cortado na floração, relatando valores entre 480 e 712 kg ha⁻¹ de N.

No presente estudo, o guandu fava-larga foi a cultura que proporcionou o maior acúmulo de fitomassa seca entre todas as leguminosas, com aporte de 6,373 Mg ha⁻¹ para o tratamento nitrogenado, no ano de 2014.

As cepas nativas de rizóbios dos solos demonstram ser eficientes na fixação biológica de nitrogênio – FBN e em promover o desenvolvimento do guandu fava-larga nas condições de savana roraimense. Embora de crescimento inicial lento, mostrou-se de fácil manejo, bastante rústico e resistente às secas nos dois anos de cultivo; apresentou vigorosa rebrota após corte rente ao solo, cerca de cinco cm de altura, e vegetou por todo o período seco local, entre 2014 e 2015, o que pode ser atribuído ao seu ao seu sistema radicular profundo. Tal característica confere à espécie grande potencial de reciclagem de nutrientes.

O guandu fava-larga junto ao guandu-anão foram as únicas culturas que sobreviveram à severa estiagem entre agosto/setembro de 2014 a abril de 2015. Por essas características o guandu fava-larga pode constituir-se em ótima opção para cultivo em pré-plantio, em sucessão ou consorciado ou em sistemas agrícolas intensivos ou extensivos nas condições regionais.

5.5. Feijão-de-porco

O tratamento com adição de N mineral (50 kg ha^{-1} de N) e o controle positivo BR 2003 proporcionaram baixa nodulação na espécie feijão-de-porco, o que mostra pouca efetividade da estirpe controle em competir com as cepas nativas do solo ou mesmo estabelecer simbiose nas condições ambientais do experimento nos dois anos de cultivo (Tabela 24). A testemunha absoluta apresentou maior número de nódulos que a estirpe controle BR 2003 e o tratamento nitrogenado diferindo destas no cultivo implantado em 2014. A estirpe teste BR 10228 apresentou maior número de nódulos e diferiu dos demais tratamentos nos anos de 2014 e 2015, proporcionando considerável nodulação em relação às demais fontes de N, demonstrando grande capacidade de estabelecer simbiose com a planta hospedeira.

Houve diferença significativa entre as fontes de N quanto à capacidade de promover nodulação (NN) e acúmulo de massa fresca de nódulos por planta⁻¹ (MFN). Para essas duas variáveis a estirpe BR 10228 diferiu significativamente dos demais tratamentos nos dois anos de cultivo, revelando-se bastante promissora, conforme Tabela 24. As médias de rendimento observadas no ano 2015, para as variáveis NN e MFN, foram superiores às de 2014.

Para a variável massa fresca dos nódulos por planta⁻¹ (MFN) aos 30 dias não foi possível fazer a análise conjunta de experimentos nos anos 2014 e 2015, tendo em vista que a razão entre o maior quadrado médio dos resíduos foi superior a 7 (sete), ou seja, $QMR(2015)/QMR(2014) > 7$, o que não possibilitou de acordo com Pimentel-Gomes (2011) uma avaliação conjunta (Tabela 24).

Tabela 24. Desdobramento da interação ano de cultivo e fontes de N, para a variável número de nódulos (NN), no feijão-de-porco em área de savana no estado de Roraima. A variável massa fresca de nódulos (MFN) foi avaliada separadamente, anos 2014 e 2015.

Fontes de nitrogênio	NN (planta ⁻¹)*		MFN (mg planta ⁻¹)	
	2014	2015	2014	2015
Testemunha absoluta	5,45b ¹	0,75b ¹	47,08b ¹	154,00b ¹
Nitrogenado	0,20c	0,30b	11,89b	35,00b
Estirpe controle BR 2003	0,25c	1,50b	17,02b	106,00b
Estirpe teste BR 10228	23,85a	69,40a	153,85a	1015,50a
Médias	7,44	17,99	57,46	327,625
C.V.(%)	23,61		61,66	45,06

Valores médios de quatro repetições. ¹Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. *Dados transformados pela fórmula $(X+1)^{0,5}$.

Para a variável massa fresca por nódulo (MPN), apesar da amplitude das médias ter sido bastante acentuada, não houve diferimento estatístico entre as fontes de N, destacando o peso médio dos nódulos da testemunha absoluta (Tabela 25). Não houve variação significativa na produção de matéria seca das raízes (RMS) entre os tratamentos inoculados e não inoculados (com ou sem N-mineral), resultando em produção média de 448 mg planta⁻¹ no primeiro ano de cultivo e 505 mg planta⁻¹, no segundo ano de cultivo (Tabela 25).

Os resultados do efeito das fontes de N utilizadas são muito similares, contudo o maior desenvolvimento das raízes foi proporcionado pelo controle positivo BR 2003, seguido pelo tratamento nitrogenado (50 kg ha⁻¹ de N). A menor média nos anos de cultivo foi proporcionada pela testemunha absoluta.

Tabela 25. Massa fresca por nódulo (MPN) e matéria seca das raízes aos 30 dias (RMS) da espécie feijão-de-porco em dois anos de cultivo em área de savana em Roraima.

Fatores	MPN* (mg nódulo ⁻¹)	RMS* (mg planta ⁻¹)
Ano de cultivo		
2014	11,635a ¹	448,513a ¹
2015	112,345a	505,000a
C.V.1	108,09	35,48
Fontes de nitrogênio		
Testemunha absoluta	117,320a ¹	451,000a ¹
Tratamento nitrogenado	49,306a	488,500a
Estirpe controle BR 2003	69,958a	493,775a
Estirpe teste BR 10228	11,376a	473,750a
Médias	61,99	476,757
C.V.2	82,80	13,25

Os valores representam médias de quatro repetições. ¹Médias seguidas da mesma letra nas colunas, para a mesma variável dentro do mesmo fator, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. *Dados transformados pela fórmula $(X+1)^{0,5}$.

Oliveira et al. (2012), conduziram estudo utilizando vasos com solos não esterilizado, para avaliar os efeitos de isolados de rizóbios nativos do Mato Grosso do Sul, comparando-os aos controles positivos, entre eles a estirpe BR 2003, além de testemunhas sem inoculação (com e sem N-mineral) na cultura do feijão-de-porco. Esses autores relatam que não houve diferença estatística entre as cinco estirpes de *Bradyrhizobium* quanto ao número de nódulos (NN). Os tratamentos inoculados ficaram no mesmo intervalo de significância e foram superiores estatisticamente aos controles sem inoculação (com ou sem adição de N).

Trabalhando com feijão-de-porco, Oliveira et al. (2012), não encontraram diferenças significativas entre as médias dos isolados de rizóbios e das estirpes controle, quanto à capacidade de promover acúmulo de matéria seca nas raízes (RMS) nessa espécie. Os rendimentos em matéria seca das raízes apresentados por esses autores, entre 5 e 6 g planta⁻¹, são superiores aos encontrados por este estudo.

Em ensaio avaliando isolados de rizóbios coletados nos tabuleiros costeiros de Sergipe, Fernandes et al. (2003), relatam diferenças significativas no rendimento para as variáveis número e massa seca de nódulos no cultivo do feijão-de-porco. Esses autores identificaram rizóbios nativos mais eficientes em promover nodulação e massa seca de nódulos, que os controles positivos BR 2003 e SEMIA 6158, utilizados naquele estudo.

Quanto ao rendimento de massa seca da parte aérea (MSPA), observa-se que houve bastante similaridade ente os tratamentos inoculados (BR 2003 e BR 10228) e a testemunha absoluta, que foram superados pelo tratamento suprido com adubação nitrogenada, embora não tenham ocorrido diferenças estatísticas entre as fontes de N (Tabela 26).

Tabela 26. Matéria seca da parte aérea aos 30 dias (MSPA) no feijão-de-porco cultivado em área de savana no estado de Roraima.

FATORES	MSPA (g planta⁻¹)
Ano de cultivo	
2014	3,523a ¹
2015	4,388a
C.V.1	25,02
Fontes de nitrogênio	
Testemunha absoluta	3,753a ¹
Tratamento nitrogenado	4,566a
Estirpe controle BR 2003	3,778a
Estirpe teste BR10228	3,724a
Médias	3,956
C.V.2	19,06

Os valores representam médias de quatro repetições. ¹Médias seguidas da mesma letra nas colunas, para a mesma variável dentro do mesmo fator, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Fernandes et al. (2003), em trabalho em vasos de Leonard, testando isolados de rizóbios nativos dos tabuleiros costeiros em feijão-de-porco, encontraram estirpes nativas com rendimento superior à mistura estirpes controle (BR 2003 e SEMIA 6158), para o acúmulo de matéria seca na parte aérea (MSPA), já para o teor de nitrogênio na parte aérea (TNPA) as estirpes controles (BR 2003 + SEMIA 6158) apresentaram rendimento similar a diversos isolados. Já Oliveira et al. (2012), não verificaram diferenças estatísticas entre os efeitos de isolados de rizóbios e estirpes controle no acúmulo de matéria seca na parte aérea na cultura do feijão-de-porco.

Os efeitos dos tratamentos para a variável teor de nitrogênio na parte aérea (TNPA) para plantas colhidas aos 30 dias estão contidos na Tabela 27. No ano de 2014 não foram observadas diferenças estatísticas entre as diversas fontes de N utilizadas, salientando que o tratamento nitrogenado apresentou teores de nitrogênio superior aos demais tratamentos. As demais formas de N utilizadas tiveram efeitos bastante similares (Tabela 27).

Tabela 27. Desdobramento da interação ano de cultivo e fontes de N, para a variável teor de nitrogênio na parte aérea aos 30 dias (TNPA), no feijão-de-porco cultivado em área de savana no estado de Roraima.

Fontes de nitrogênio	TNPA (g kg ⁻¹)	
	2014	2015
Testemunha absoluta	20,49a ¹	21,52b ¹
Tratamento nitrogenado	20,30a	31,33a
Estirpe controle BR 2003	17,78a	21,91b
Estirpe teste BR 10228	21,73a	20,72b
Médias	20,08	23,87
C.V.(%)	19,21	

Os valores representam médias de quatro repetições. ¹Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

A análise da variável matéria seca ao tempo da floração (MSF) revela interação entre ano de cultivo e tratamentos, consoante Tabela 28. Verifica-se que no ano de 2014 houve diferença significativa entre os tratamentos, onde a adição de N-mineral proporcionou maior acúmulo de fitomassa seca na parte aérea. Os demais tratamentos apresentaram resultados similares. Já em 2015 não foram observadas diferenças entre os efeitos das diversas formas de fornecimento de N ao feijão-de-porco. Vale ressaltar que o ano de 2015 apresentou maiores médias em acúmulo de MSF para todas as fontes de N, e conseqüentemente maior rendimento geral quando comparados os dois anos de cultivo, como pode ser observado na Tabela 28.

Tabela 28. Desdobramento da interação ano de cultivo e tratamentos, para a variável matéria seca na floração (MSF), no feijão-de-porco em área de savana no estado de Roraima.

Fontes de nitrogênio	MSF (Mg ha ⁻¹)	
	2014	2015
Testemunha absoluta	2,218b ¹	4,222a ¹
Tratamento nitrogenado	3,755a	4,596a
Estirpe controle BR 2003	2,833b	4,765a
Estirpe teste BR 10228	2,295b	4,715a
Médias	2,775	4,575
C.V.(%)	12,19	

Os valores representam médias de quatro repetições. ¹Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Silva et al. (2002) relatam produtividade média entre 4,89 e 6,07 Mg ha⁻¹ para o feijão-de-porco cultivado em 4 anos sucessivos em consórcio com laranja, números superiores aos verificados neste ensaio. Em outro trabalho, Favero et al. (2001), informam produtividade de 5,371 Mg ha⁻¹ para feijão-de-porco cultivado em ensaio voltado ao controle de plantas espontâneas. Pesquisa em área de reflorestamento no estado do Pará conduzidas por Rayol e Alvino-Rayol (2012) obtiveram 4,8 Mg ha⁻¹ de matéria seca no feijão-de-porco, média ligeiramente superior aos valores obtidos no ano de 2015 deste ensaio.

Quanto ao teor de nitrogênio ao tempo da floração (TNF), não se verificam diferenças estatísticas entre os tratamentos, que apresentaram resultados muito próximos, com o maior teor de N proporcionado pela estirpe teste BR 10228 (Tabela 29). Os valores obtidos neste estudo estão próximos números relatados por Silva et al. (2002), onde o feijão-de-porco em cultivo intercalado com laranja “pêra”, proporcionou teores médios de N de 28 g kg⁻¹.

Tabela 29. Teor de nitrogênio na floração (TNF) e acúmulo de nitrogênio na floração (ANF) do feijão-de-porco em área de savana no estado de Roraima.

FATORES	TNF (g kg ⁻¹)	ANF (kg ha ⁻¹)
Ano de cultivo		
2014	19,88b ¹	55,30b ¹
2015	31,10a	142,66a
C.V.1	10,42	11,06
Fontes de nitrogênio		
Testemunha absoluta	24,80a ¹	87,32a ¹
Tratamento nitrogenado	25,11a	107,10a
Estirpe controle BR 2003	25,60a	103,18a
Estirpe teste BR 10228	26,46a	98,34a
Médias	25,49	98,98
C.V.2	11,80	21,18

Os valores representam médias de quatro repetições. ¹Médias seguidas da mesma letra nas colunas, para a mesma variável dentro do mesmo fator, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Houve diferença significativa entre as médias dos tratamentos para ANF, considerando o fator ano de cultivo 2014 e 2015, com ganhos significativos em acúmulo de N no ensaio de 2015, em relação a 2014. As médias dos tratamentos não apresentaram diferenças estatísticas entre si. O tratamento nitrogenado e o controle positivo BR 2003 proporcionaram os maiores acúmulos de N por área, no entanto, não diferiram estatisticamente dos demais tratamentos, conforme dados apresentados na Tabela 29.

Trabalhando com feijão-de porco, Silva et al. (2002), obtiveram 169,4 kg ha⁻¹ de N em plantas cortadas ao tempo floração, número superior às médias obtidas neste ensaio. Em outro trabalho Padovan et al (2011), relatam que o estágio mais apropriado para o corte do feijão-de-porco, nas condições de Mato Grosso do Sul, se verifica na formação das primeiras vagens e início da formação dos grãos, uma vez que a partir do florescimento a espécie continua acumulando quantidades expressivas de fitomassa e nutrientes, entre eles N, K e Ca. Esses autores relatam produtividade de matéria seca nas duas ecorregiões onde se desenvolveram os ensaios, entre 4,55 e 7,65 Mg ha⁻¹ e produções entre 106,65 e 212,17 kg ha⁻¹ de N.

O corte do feijão-de-porco no presente experimento foi realizado a semelhança do trabalho de Padovan et al. (2011), após a floração inicial e surgimento das primeiras vagens, buscando com isso o acúmulo máximo de fitomassa e fixação de nitrogênio nas condições locais.

Excepcionalmente para a cultura do feijão-de-porco, testou-se no ano de 2015, três estirpes teste a mais que no ano anterior, acrescentou-se aos tratamentos utilizados em 2014 a cepas teste BR 10061, BR 10062 e BR 10232. Os resultados do experimento estão contidos nas Tabelas 30 e 31, separados em variáveis avaliadas no sistema radicular e variáveis analisadas na parte aérea dessa cultura.

A inoculação com as estirpes teste BR 10228 e BR 10061 apresentaram as melhores respostas em número de nódulos em relação aos demais tratamentos, que ficaram agrupadas e diferiram estatisticamente das demais fontes de N (Tabela 30). O tratamento nitrogenado, a testemunha absoluta, a estirpe controle BR 10228 e a estirpe teste BR 10232 praticamente não nodularam (Tabela 30). Para a variável massa fresca de nódulos (MFN), destaque para as estirpes testes BR 10061 e BR 10062 e BR 10228 que foram superiores aos demais tratamentos. Quanto ao desenvolvimento das raízes não houve diferenças entre os tratamentos, verificando-se bastante semelhança entre os desempenhos das estirpes.

Tabela 30. Número de nódulos (NN), matéria fresca de nódulos (MFN), massa fresca por nódulo (MPN) e matéria seca das raízes (RMS) do feijão-de-porco, ano 2015.

Fontes de Nitrogênio	NN*	MFN*	MPN*	RMS*
	(planta ⁻¹) 2015	(mg planta ⁻¹) 2015	(mg nódulo ⁻¹) 2015	(mg planta ⁻¹) 2015
Testemunha absoluta	0,75c ¹	154,00b ¹	228,00a ¹	484,00a ¹
Nitrogenado	0,30c	35,00b	83,75a	503,00a
Estirpe controle BR 2003	1,50c	106,00b	122,90a	534,00a
Estirpe teste BR 10228	69,40a	1015,50a	14,74a	499,00a
Estirpe teste BR 10062	35,05b	1440,00a	46,76a	465,00a
Estirpe teste BR 10061	50,05a	1868,00a	37,53a	504,00a
Estirpe teste BR 10232	1,40c	106,50b	79,81a	529,50a
Médias	22,635	675,00	87,64	502,642
C.V.(%)	22,64	30,71	64,01	8,29

Valores médios de quatro repetições.¹ Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. *Dados transformados pela fórmula $(X+1)^{0,5}$.

Na análise das variáveis da parte aérea destaque para as respostas à inoculação com a estirpe teste BR 10061 e para o efeito do tratamento nitrogenado em promover acúmulo de massa seca da parte aérea aos 30 dias (MSPA), que se agruparam e foram estatisticamente superiores às demais formas de adição de N (Tabela 31). O mesmo desempenho para essas duas fontes de N foi verificado para o teor de nitrogênio na parte aérea (TNPA).

Quanto a matéria seca na floração (MSF) todos os tratamentos forma superiores a estirpe teste BR 10232 e a testemunha absoluta, conforme Tabela 31. Para as variáveis teor e acúmulo de nitrogênio na parte aérea ao tempo da floração (TNF e ANF) não houve diferença estatística entre as diversas fontes de N. Entretanto, vale ressaltar, quanto ao ANF, o desempenho apresentado pelas estirpe teste BR 10061 e estirpe controle BR 2003 (Tabela 31).

Tabela 31. Massa seca da parte aérea aos 30 dias (MSPA), teor de nitrogênio aos 30 dias (TNPA), matéria seca na floração (MSF), teor de nitrogênio na floração (TNF) e acúmulo de nitrogênio na floração (ANF) do feijão-de-porco na savana de Roraima, ano 2015.

Fontes de nitrogênio	MSPA (g planta ⁻¹)	TNPA (g kg ⁻¹)	MSF (Mg ha ⁻¹)	TNF (g kg ⁻¹)	ANF (kg ha ⁻¹)
Testemunha absoluta	4,005b ¹	21,52b ¹	4,222b ¹	31,96a ¹	135,68a ¹
Nitrogenado	5,441a	31,34a	4,596a	29,83a	137,55a
Estirpe controle BR 2003	4,084b	21,91b	4,765a	31,51a	150,60a
Estirpe teste BR 10228	4,020b	20,72b	4,715a	31,10a	146,83a
Estirpe teste BR 10062	4,345b	27,12b	5,133a	29,04a	149,15a
Estirpe teste BR 10061	5,220a	35,48a	5,062a	31,50a	160,28a
Estirpe teste BR 10232	3,788b	24,85b	4,093b	33,96a	138,67a
Médias	4,415	26,131	4,655	31,27	145,54
C.V.(%)	17,14	17,66	9,68	10,96	15,94

Valores médios de quatro repetições.¹ Médias seguidas da mesma letra nas colunas, para a mesma variável, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. *Dados transformados pela fórmula $(X+1)^{0,5}$.

Favero et al. (2001) obtiveram 5,37 Mg ha⁻¹ de produtividade de massa da matéria seca no feijão-de-porco ao tempo da floração, valor próximo às médias das estirpes BR 10062 e BR 10061. A melhor resposta quanto ao acúmulo de N na floração foi verificada para a estirpe teste BR 10061, que embora não tenha diferido estatisticamente dos demais tratamentos apresentou número semelhantes aos obtidos nos trabalhos de Teixeira et al. (2005) e Silva et al. (2002) quanto ao teor e acúmulo de N na floração.

Considerando isoladamente o ano de 2015 quanto ao acúmulo de nitrogênio na floração (kg ha⁻¹ de N) no feijão-de-porco, observa-se que dentre as leguminosas avaliadas foi a que proporcionou as melhores médias para essa variável, denotando potencial a ser explorado em sistemas produtivos na região de savana de Roraima.

5.6. Mucuna-cinza

A única leguminosa de crescimento volúvel ou prostrado avaliada em dois anos de cultivo foi a mucuna-cinza. Os resultados apontam que quanto à nodulação (NN), massa fresca de nódulos (MFN), massa seca das raízes (RMS), matéria seca da parte aérea aos 30 dias (MSPA) e na floração (MSF) não houve interação entre tratamento e ano de cultivo, ou seja, não houve efeito do ano de cultivo nos efeitos das fontes de nitrogênio utilizadas. Somente houve interação entre ano de cultivo e fontes de N para a variável matéria fresca por nódulo (MPN). Todos os três inoculantes utilizados na mucuna-cinza eram de estirpes testes do gênero *Bradyrhizobium* spp.

Na avaliação da nodulação (NN) da espécie, verificou-se que todas as fontes de fornecimento de N estabeleceram simbiose com a espécie, ainda que algumas apresentem nodulação pouco expressiva, como as testemunhas absoluta e nitrogenada e as estirpes testes BR 10222 e BR 10223. As estirpes BR 10228 e BR 10230 se agruparam e diferiram estatisticamente das demais proporcionando nodulação expressiva em relação aos demais tratamentos. As médias dessas duas estirpes foram bastante superiores às verificadas pelas cepas BR 10223 e BR 10222, a título de comparação entre tratamentos que receberam inóculos (Tabela 32). Na avaliação da variável massa fresca dos nódulos (MFN), conforme Tabela 32, constatou-se que as estirpes BR 10228 e BR 10230 foram superiores estatisticamente aos demais tratamentos.

Na análise do acúmulo de massa da matéria seca das raízes (RMS), verifica-se que o tratamento nitrogenado e a estirpe teste BR 10230 apresentaram os maiores valores e diferiram estatisticamente demais tratamentos. A testemunha absoluta apresentou a menor média (Tabela 32).

Tabela 32. Número de nódulos por planta⁻¹ (NN), massa fresca dos nódulos (MFN) e massa seca das raízes (RMS) da mucuna-cinza cultivada em área de savana de Roraima.

FATORES	NN* (por planta⁻¹)	MFN* (mg planta⁻¹)	RMS (mg planta⁻¹)
Ano de cultivo			
2014	7,44a ¹	622,779a ¹	306,875a ¹
2015	7,26a	814,063a	396,924a
C.V.1	42,79	70,96	40,53
Fontes de nitrogênio			
Testemunha absoluta	0,91b ¹	182,414b ¹	286,750b ¹
Nitrogenado	1,50b	172,123b	442,625a
Estirpe teste BR 10223	1,18b	332,829b	331,146b
Estirpe teste BR 10222	1,47b	314,264b	296,250b
Estirpe teste BR 10230	17,44a	1607,651a	410,313a
Estirpe teste BR 10228	21,60a	1701,244a	344,312b
Médias	7,35	718,421	351,900
C.V.2	32,20	51,02	23,21

Os valores representam médias de quatro repetições. ¹Médias seguidas da mesma letra nas colunas, para a mesma variável, dentro do mesmo fator, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. *Dados transformados com aplicação da fórmula $(X+1)^{0,5}$.

Quanto à matéria fresca por nódulos somente se verificaram diferenças estatísticas nas médias do ano de 2015, onde as estirpes teste BR 10230 e BR 10228 ficaram no mesmo intervalo de significância, e diferiram dos demais tratamentos, conforme Tabela 33. Vale destacar a baixa massa por nódulo proporcionada pelo tratamento nitrogenado no ano 2015.

Tabela 33. Desdobramento da interação ano de cultivo e fontes de N, para variável matéria fresca por nódulo (MPN), na mucuna-cinza cultivada na savana de Roraima.

Fontes de nitrogênio	MPN (mg nódulo⁻¹)	
	2014	2015
Testemunha absoluta	164,204a ¹	34,030b ¹
Nitrogenado	97,643a	1,705b
Estirpe teste BR 10223	142,040a	138,195b
Estirpe teste BR10222	51,350a	87,965b
Estirpe teste BR 10230	76,760a	336,975a
Estirpe teste BR10228	73,700a	312,790a
Médias	100,949	151,943
C.V.(%)	14,91	

Valores médios de quatro repetições. ¹Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Para a variável matéria seca da parte aérea aos 30 dias (MSPA), o tratamento nitrogenado e as estirpes teste BR 10228 e BR 10230 induziram maiores rendimentos em fitomassa e foram superiores estatisticamente aos demais tratamentos, que ficaram agrupados num único intervalo de significância (Tabela 34). A estirpe teste BR 10228 proporcionou maior rendimento de acúmulo de matéria seca da parte aérea na floração (MSF), que diferiu estatisticamente dos demais tratamentos. A cepa BR 10230, seguida do controle nitrogenado e

da estirpe teste BR 1022, embora superados pela BR 10228, apresentaram resultados similares na produção de fitomassa seca aérea, com produtividades médias acima de 4 Mg ha⁻¹. O menor rendimento foi apresentado pela testemunha absoluta (Tabela 34).

Praticamente não houve diferença entre os valores médios dos anos 2014 e 2015 para produção de fitomassa seca na floração (MSF) como observado na Tabela 34, embora as plantas tenham sido colhidas aos 110 e 77 dias, nos anos 2014 e 2015, respectivamente.

Tabela 34. Matéria seca da parte aérea aos 30 dias (MSPA), teor de nitrogênio (TNPA), massa seca na floração (MSF) da mucuna-cinza em área de savana no estado de Roraima.

FATORES	MSPA (g planta⁻¹)	TNPA (g kg⁻¹)	MSF (Mg ha⁻¹)
Ano de cultivo			
2014	3,679a ¹	18,49a ¹	4,170 a ¹
2015	5,159a	20,01a	4,182a
C.V.1	40,36	9,15	9,83
Fontes de nitrogênio			
Testemunha absoluta	3,108b ¹	16,36b ¹	3,453b ¹
Nitrogenado	5,454a	20,65a	4,221b
Estirpe teste BR 10223	3,272b	18,20b	3,965b
Estirpe teste BR 10222	3,566b	18,20b	4,031b
Estirpe teste BR 10230	5,538a	20,86a	4,355b
Estirpe teste BR 10228	5,575a	21,26a	5,030a
Médias	4,419	19,25	4,176
C.V.2	31,17	10,94	15,94

Valores representam médios de quatro repetições. ¹Médias seguidas da mesma letra nas colunas, para a mesma variável dentro do mesmo fator, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

As variáveis teor e acúmulo de N na parte aérea foram influenciados pelo ano de cultivo, conforme Tabela 35. Quanto ao teor de nitrogênio na floração (TNF), verifica-se que as estirpes teste BR 10230 e BR 10228 ficaram agrupadas e diferiram estatisticamente dos demais tratamentos. No ano de 2015, a estirpe BR 10230, apesar de ter proporcionado maior acúmulo de N frente aos demais tratamentos, não diferiu das demais formas de fornecimento de N ao feijão-de-porco.

Para o acúmulo de N, diferenças significativas só foram constatadas no ano de 2014, onde a estirpe teste BR 10228, foi superior às demais formas de suprimento de N às plantas, como pode ser observado na Tabela 35. No ano de 2015 a estirpe teste BR 10228, embora não tenha diferido significativamente dos demais tratamentos, obteve a maior média em acúmulo de N, conforme Tabela 35.

Tabela 35. Desdobramento da interação ano de cultivo e fontes de N, para as variáveis teor de nitrogênio da floração (TNF) e acúmulo de nitrogênio na ao tempo da floração (ANF), na mucuna-cinza em área de savana no estado de Roraima.

Fonte de nitrogênio	TNF (g kg ⁻¹)		ANF (kg ha ⁻¹)	
	2014	2015	2014	2015
Testemunha absoluta	22,05b ¹	22,05a ¹	72,00c ¹	78,69a ¹
Nitrogenado	19,08b	22,05a	83,60c	88,67a
Estirpe teste BR 10223	17,15b	21,53a	66,88c	86,60a
Estirpe teste BR 10222	21,00b	23,28a	80,88c	98,41a
Estirpe teste BR 10230	25,20a	22,75a	108,27b	101,21a
Estirpe teste BR 10228	29,05a	24,33a	153,45a	114,96a
Médias	22,26	22,67	94,18	94,75
C.V.(%)	18,21		13,23	

Valores representam médias de quatro repetições. ¹Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Nos ensaios de Lima et al. (2012), com mucuna-cinza e mucuna-anã, em vasos de Leonard, para plantas de mucuna-cinza colhidas às idades de 40 e 55 dias, não foram encontradas diferenças no rendimento médio para matéria seca da parte aérea (MSPA) entre a estirpe referência BR 2811 e os isolados BR 10230/M25(3), M41(3) e M3(6) e apresentam valores superiores à testemunha absoluta e similares ao nitrogenado. As médias de rendimento de massa seca na parte aérea por estes autores, na coleta aos 40 dias após emergência, são similares aos verificados neste estudo.

Nascimento e Silva (2004) avaliando diversas leguminosas para cobertura do solo, obtiveram rendimento médio de 6,52 Mg ha⁻¹ para massa seca da parte aérea e 14,2 g kg⁻¹ de teor de N em três anos de cultivo para a mucuna-cinza em condições de região semiárida. Esses autores informam que os teores de nutrientes proporcionados pelas leguminosas foram baixos devido às condições climáticas e de solo adversas.

Em experimento implantado em condições de campo para avaliar a decomposição da matéria vegetal da mucuna-cinza, Ribas et al. (2010), obtiveram rendimento de 26,64 g kg⁻¹ em teor de nitrogênio. Esses autores constataram a rápida decomposição da mucuna-cinza quando disposta no solo em forma de cobertura morta, ocorrendo a liberação da metade do N do resíduo em 28 dias e mineralização da massa seca em 38 dias. A rápida liberação de N elevou o teor de N-mineral do solo, e resultou também em volatilização de amônia.

Em estudo testando diversas leguminosas e seus efeitos na modificação de população de plantas espontâneas, Favero et al. (2001), relatam o potencial da mucuna-preta para recobrimento do solo e supressão dessas espécies. A produtividade média informada pelos autores para essa cultura foi de 6,98 Mg ha⁻¹, acima do valor médio obtido nesse experimento.

Nos dois anos de ensaio foi observada essa característica na mucuna-cinza, que apresentou bastante agressividade e capacidade de recobrimento do solo, formando uma fitomassa bastante densa de fitomassa. Cabe salientar que esta espécie, nas condições ambientais do experimento, apresentou baixa resistência ao período seco, fenecendo naturalmente sobre o solo, desse modo, em condições de cultivo, não há necessidade de intervenção humana para efetuar corte ou dissecação, por exemplo, para proporcionar cobertura ao solo.

5.7. Estilosantes Campo Grande

A espécie estilosantes Campo Grande, cultivada somente no ano de 2015, foi plantada tardiamente considerando as condições locais, somente dia 15 de junho de 2015, uma vez que fatores como o preparo do solo foram realizados tardiamente. Desse modo não foi possível realizar a semeadura no período em que historicamente se inicia o plantio das lavouras de sequeiro na região: entre 15 de abril e 15 de maio. A coleta das parcelas para se procederem as avaliações se deu aos 90 dias, no dia 15 de setembro, já no início do período seco da região.

Quanto à nodulação por planta⁻¹ (NN) os tratamentos proporcionaram resultados muito similares, não se verificando diferenças estatísticas entre os efeitos das diversas formas de fornecimento de N às plantas, seja com ou sem o uso de inoculação. Esses resultados revelam a capacidade dessa espécie em nodular com a população de estirpes nativas na área de savana onde se instalou o experimento (Tabela 36).

Tabela 36. Número de nódulos por planta⁻¹ (NN), matéria fresca dos nódulos (MFN), massa fresca por nódulo (MPN) e matéria seca das raízes (RMS) em plantas de estilosantes cv. Campo Grande, colhidas aos 90 dias, cultivadas em área de savana de Roraima.

Fontes de nitrogênio	NN* (por planta ⁻¹)	MFN* (mg planta ⁻¹)	MPN* (mg nódulo ⁻¹)	RMS (mg planta ⁻¹)
Controle	4,10a ¹	4,487a ¹	1,480a ¹	605,50a ¹
Nitrogenado	4,05a	6,407a	1,812a	723,25a
Estirpe 446	5,10a	7,062a	1,677a	680,50a
Estirpe 443	5,08a	5,285a	0,407a	783,25a
Estirpe 445	4,20a	8,054a	2,154a	801,800a
Médias	4,42	6,344	1,537	722,809
C.V.(%)	68,29	62,32	95,73	21,97

Os valores representam médias de quatro repetições. ¹Médias seguidas da mesma letra nas colunas, para a mesma variável, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. *Dados transformados pela fórmula $(X+1)^{0,5}$.

Chaves (2014), trabalhando com *Stylosanthes capitata* cv. Lavradeiro, em casa de vegetação, utilizando potes com mistura de solo coletado em área de savana mais areia (1:1) esterilizados, visando avaliar a eficiência simbiótica de 44 isoladas de rizóbios colhidos em

estilosantes nativas da savana de Roraima, informa que não houve diferenças estatísticas em número de nódulos por planta⁻¹ (NN), entre a estirpe controle BR 446 e 20 dos 44 isolados de *Stylosanthes* spp. utilizados na inoculação de plantas. Esse autor informa ter encontrado isolados de rizóbios com eficiência simbiótica similar à estirpe recomendada comercialmente para a estilosantes cv. Lavradeiro. A coleta das plantas naquele experimento deu-se aos 65 dias após a semeadura e os valores da nodulação se assemelham aos do presente ensaio.

Para a variável massa seca de nódulos (MSN), o ensaio de Chaves (2014) não obteve diferença significativa entre o tratamento controle (estirpe BR 446) e os demais tratamentos inoculados com isolados de rizóbios da espécie *Stylosanthes* spp. Da mesma maneira, não se verificaram diferenças estatísticas entre os tratamentos para a variáveis massa fresca dos nódulos (MFN) e massa fresca por nódulo (MPN), no presente experimento.

A capacidade de a estilosantes Campo Grande nodular e estabelecer simbiose com bactérias nativas do solo foi relatada por Anicésio et al. (2014), que verificaram não haver diferenças para as variáveis número de nódulos (NN), massa seca dos nódulos (MSN) e massa seca das raízes (MSR) em plantas cultivadas sem inoculação, em vasos com Latossolo Vermelho originário de área sob vegetação nativa, em respostas a níveis de saturação por bases.

Para Gianluppi et al. (2002), não há necessidade de inocular as sementes de *Stylosanthes capitata* cv. Lavradeiro e de adição de adubos nitrogenados, uma vez que essa leguminosa nodula com estirpes nativas que ocorrem naturalmente no cerrado de Roraima. A despeito dessas informações, o trabalho desses autores foi direcionado a aferir as características forrageiras dessa espécie e não voltada a aspectos como nodulação e fixação biológica de nitrogênio - FBN. Vale ressaltar que a *Stylosanthes capitata* Vogel é uma das componentes da mistura física que compõe da estilosantes Campo Grande.

Noutro trabalho Lopes et al. (2011), testando calagem e silicagem e dosagens crescente de fósforo em vaso com solo, encontraram respostas positivas no aumento de número de nódulos na estilosantes Mineirão [*Stylosanthes guianensis* (Aubl.) Sw. cv. Mineirão], em respostas ao aumento de quatro dosagens de fósforo e à silicatagem. Vale salientar que não foi realizada a inoculação das sementes e a coleta das plantas se deu aos 68 dias após a semeadura.

Em trabalho de campo em área de cerrado, Vargas e Suhet (1981), observaram que as espécies *Stylosanthes capitata* e *Stylosanthes bracteata* são capazes de estabelecer simbiose com estirpes nativas encontradas nos solos de cerrado e suprir as quantidades de nitrogênio exigido por essas culturas. Diante desse resultado, esses autores indicam a possibilidade de

seleção de estirpes nativas de rizóbios adaptadas às condições de cerrado, visando à produção de inoculantes.

Para as variáveis fitomassa seca na floração (MSF) e acumulação de N na floração, a testemunha absoluta apresentou as melhores médias (Tabela 37), denotando a capacidade de a estilosantes Campo Grande prosperar, nas condições ambientais do ensaio, sem a necessidade de inoculação. O tratamento nitrogenado foi superado por todas as demais fontes de N quanto a acumulação de fitomassa seca na floração e acúmulo de N (Tabela 37).

No estudo de Chaves (2014), conduzido em condições controladas, não houve efeito significativo dos tratamentos (testemunhas, estirpes controle e isolados de rizóbio) na *Stylosanthes capitata* cv. Lavradeiro, para a variável teor de N na parte aérea, embora tenha se destacado o tratamento nitrogenado que apresentou média superior às demais fontes de N.

Tabela 37. Fitomassa seca na floração (MSF), teor de nitrogênio da floração (TNF) e acúmulo de nitrogênio na floração (ANF) da estilosantes Campo Grande em área de savana no estado de Roraima.

Fontes de Nitrogênio	MSF (Mg ha⁻¹)	TNF (g kg⁻¹)	ANF (kg ha⁻¹)
Testemunha absoluta	3,010a ¹	15,65a ¹	46,39a ¹
Nitrogenado	2,322a	17,80a	41,09a
Controle estirpe BR 446	2,921a	14,99a	43,59a
Controle estirpe BR 443	2,885a	15,99a	45,85a
Controle estirpe BR 445	2,922a	14,52a	42,35a
Médias	2,785	15,788	43,853
C.V.(%)	21,46	11,50	21,40

Os valores representam médias de quatro repetições. ¹Médias seguidas da mesma letra nas colunas, para a mesma variável, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Em experimento de campo em solo de cerrado, Vargas e Sá (1997) avaliando duas estirpes comerciais de rizóbio em três espécies de *Stylosanthes* (estilosantes CPAC 706, *S. macrocephala* 139 cv. Pioneiro, *S. guianensis* 135 cv. Bandeirante), relatam que a inoculação não promoveu nenhum efeito na produção de matéria seca (MS), em plantas colhidas aos 346 dias. Os resultados desse ensaio apontam para produtividades entre 2,99 a 5,95 Mg ha⁻¹. Esses autores assinalam que não houve efeito da adubação nitrogenada (75 kg ha⁻¹ de N), e teorizam que, dentro desse nível de adubação a simbiose com estirpes nativas foi capaz de suprir as necessidades das plantas em nitrogênio.

Resultado semelhante no que tange ao efeito do tratamento nitrogenado no rendimento de matéria seca na floração da estilosantes Campo Grande foi observado no presente trabalho, onde se verifica que essa fonte de N-mineral (100 kg ha⁻¹ de N) propiciou a menor produção de matéria seca por unidade de área, 2,322 Mg ha⁻¹, demonstrando que essa fonte de N-mineral pode ser preterida no cultivo dessa cultura.

Gianluppi et al. (2002), relatam produção de matéria seca para a *Stylosanthes capitata* cv. Lavradeiro, cultivada em cerrado na Colômbia, na ordem de 3,8 Mg ha⁻¹, valor maior que as médias aferidas para a estilosantes cv. Campo Grande do presente ensaio. Cabe destacar que a *Stylosanthes capitata* é a principal componente (80%) da mistura física de sementes que compõe estilosantes Campo Grande. Noutro trabalho, Barcellos et al. (2008), relatam produtividade média entre 3 e 10 Mg ha⁻¹ ano para a estilosantes Campo Grande.

Em trabalho de campo avaliando comportamento e potencialidade de diversas leguminosas na caatinga mineira, Teodoro et al. (2011), obtiveram para a estilosantes Campo Grande produtividade de 4,10 Mg ha⁻¹ e acúmulo de 73,84 kg ha⁻¹ de N nas amostras colhidas aos 180 dias, valores superiores que os encontrados neste trabalho. Não foi realizada a inoculação das sementes da estilosantes no ensaio de Teodoro et al. (2011).

A estilosante Campo Grande nas condições da savana de Roraima apresentou um crescimento inicial lento, porém estabeleceu-se ao longo do experimento, apresentando bom desenvolvimento vegetativo e resistência à seca nos primeiros meses da estiagem, apesar de ter apresentado queda de folhas. O início da floração ocorreu por volta dos 90 dias (setembro de 2015), quando foi realizada a coleta das plantas para procedimento dos estudos e análises.

6 CONCLUSÕES

1. As estirpes teste BR 10228 para a crotalária júncea; BR 10228 para a crotalária spectabilis; BR 10228 e BR 10240 para o guandu-anão; e BR10228 e BR 10230 para a mucuna-cinza foram eficientes em promover o crescimento e acúmulo de matéria seca nessas espécies, portanto apresentam potencial para serem utilizadas como inoculantes nas condições da savana de Roraima;
2. As estirpes controle BR 2003 e BR 2001 para a crotalária júncea; BR 2003 para a crotalária spectabilis; BR 2003 e BR 2801 para o guandu-anão apresentaram eficiência em promover acúmulo de fitomassa seca nas espécies, confirmando sua condição de estirpes recomendadas para essas leguminosas;
3. A instabilidade nas produtividades de fitomassa seca da parte aérea ao tempo da floração do guandu fava-larga e feijão-de-porco, entre os anos 2014 e 2015, não possibilitam recomendar qualquer das estirpes controle ou teste avaliadas, como potencial inoculante para essas leguminosas na savana de Roraima.

**CAPÍTULO II - ANÁLISE QUANTITATIVA DE CRESCIMENTO EM
LEGUMINOSAS PARA ADUBAÇÃO VERDE NA SAVANA DE RORAIMA.**

RESUMO

Objetivou-se descrever o crescimento, a partir da produtividade da matéria seca da parte aérea, do índice de área foliar (IAF), da taxa de assimilação líquida (TAL), taxa de crescimento da cultura (TCC) e da taxa de crescimento relativo (TCR), das leguminosas *Crotalaria juncea* L., *Crotalaria spectabilis* Roth, *Cajanus cajan* (L.) Millsp. (cv. anão Iapar 43-aratã e cv. IAC fava-larga), *Canavalia ensiformis* (L.) D.C. na savana de Roraima. Os experimentos foram conduzidos no campo experimental Água Boa da EMBRAPA/RR, em Boa Vista, durante as estações das chuvas (inverno local) dos anos 2014 e 2015. O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso, aproveitando as parcelas onde uma das estirpes padrão, BR 2003, foi utilizada como inoculante. As coletas das plantas foram realizadas, em intervalos de 7 a 21 dias, entre a data da semeadura e o florescimento, variando o número de coletas de acordo com a espécie, duração de seu ciclo e ano de cultivo. Nas avaliações dos parâmetros fisiológicos, verificou-se que as maiores taxas iniciais de crescimento foram apresentadas pelo feijão-de-porco seguido pela crotalária júncea e as maiores produtividades de matéria seca, na floração, foram proporcionadas pelo guandu fava-larga e crotalária júncea, e que as maiores áreas foliares por unidade de área (IAF) foram constatadas para a crotalária *spectabilis*.

Palavras-chave: Análise de crescimento, índices fisiológicos, leguminosas herbáceas e arbustivas.

ABSTRACT

Quantitative growth analysis of legumes for green manure in Roraima savannah

Growth rates were studied from the productivity of dry matter, leaf area index (IAF), net assimilation rate (TAL), growth rate of culture (TCC) and relative growth rate of legumes sunnhemp, crotalaria spectabilis, pigeon pea and jack bean in Roraima's savannah. The experiments were conducted in the Água Boa Station (EMBRAPA/RR) in Boa Vista during rainy seasons (local winter) the years 2014 and 2015. The experimental design was a randomized complete block design, taking advantage of the plots where of the standard strains BR2003 was used as standard inoculum. The harvests were carried out between 7 to 21 days after sowing - DAS until early flowering, varying the number of collections according to the species, length of your cycle and year of crop. Physiological index that higher initial rates of growth were presented by sunnhemp followed by crotalaria spectabilis and the highest productivity of dry matter at flowering were provided by pigeon pea fava-larga and sunnhemp, and that the largest leaf areas per unit area (PUA) were checked for crotalaria spectabilis in both crops.

Keywords: Growth analysis, physiological indices, herbaceous and shrubby legumes.

7 INTRODUÇÃO

A análise quantitativa de crescimento vegetal tem sido utilizada por pesquisadores de plantas, na tentativa de explicar diferenças no crescimento, de ordem genética ou resultante de modificações no ambiente (PEIXOTO, 2011). Esta análise é uma aproximação explicativa, integrativa e holística para interpretar a forma e a utilidade da planta (HUNT et al., 2012), revestindo-se no primeiro passo na análise da produção das culturas e requer informação que pode ser obtida sem a necessidade de laboratório ou equipamento sofisticado (MACHADO et al., 1982).

Essas informações necessárias na utilização desse material de análise são a massa da matéria seca e a área foliar respectiva da planta a ser utilizada, em uma sequência de coletas a certos intervalos de tempo regulares durante a estação de crescimento da cultura (LUCHESE, 1984; MACHADO et al., 1982). As variações da quantidade de fitomassa seca e de área foliar ao longo do tempo são utilizadas na estimativa de vários índices fisiológicos, tais como: taxa de crescimento relativo (TCR), taxa de assimilação líquida (TAL), taxa de crescimento da cultura (TCC), índice de área foliar (IAF), dentre outros (MACHADO et al., 1982).

A análise de crescimento permite avaliar o crescimento da planta como um todo e a contribuição dos diversos órgãos no crescimento total. A partir dos dados de crescimento pode-se inferir a atividade fisiológica, ou seja, estimar com bastante precisão as causas das variações de crescimento entre plantas geneticamente diferentes ou entre plantas crescendo em ambientes diversos (PEIXOTO, 2011). Para avaliar os efeitos dos sistemas de manejo sobre as plantas, a análise de crescimento é fundamental, pois descreve as mudanças na produção vegetal em função do tempo, o que não é possível com um simples registro de rendimento (URCHEI et al., 2000).

Nesse sentido, Santos e Costa (1997), avaliaram a adaptação ecológica e os efeitos de diferentes espaçamentos e densidade de semeadura, com ou sem irrigação suplementar, sobre crescimento de duas cultivares de arroz em diferentes sistemas de manejo. COSTA et al. (2012) em condições edafoclimáticas similares à do presente estudo, na savana do estado de Roraima, avaliaram diferentes índices fisiológicos, como efeito e respostas da rebrota do capim nativo *Trachypogon vestitus* submetido à queima. Oliveira et al. (2006) verificaram a promissora associação de inhame entre aleias de guandu em sistema orgânico, obtendo respostas positivas no crescimento e produtividade dessa cultura. Pereira (2007) a partir das análises de parâmetros fisiológicos como IAF, TCC, TAL avaliou as características agrônomicas de cinco espécies de *Crotalaria L.* em diferentes locais e épocas.

Esses autores objetivaram, a partir da análise quantitativa de crescimento de plantas, avaliar e conhecer os efeitos e respostas retratados em índices fisiológicos e acúmulo de fitomassa dos diversos tratamentos e sistemas de manejo empregados nas suas pesquisas. Os índices envolvidos, determinados na análise de crescimento, indicam a capacidade do sistema assimilatório das plantas em sintetizar e alocar matéria orgânica nos diversos órgãos que dependem da fotossíntese, respiração e translocação de fotoassimilados desde os locais de fixação de carbono aos pontos de armazenamento, onde ocorrem o crescimento e a diferenciação dos órgãos (FONTES et al., 2005).

Machado et al. (1982) enfatizam que a produção econômica de uma cultivar é o somatório de todas as interações planta-ambiente, entretanto se si pretender compreender em certa medida a natureza dos controles intrínsecos da cultivar, necessita-se de medidas mais detalhadas que apenas a produção final. Enfatizam esses autores que o conhecimento das diversas fases do ciclo de uma planta cultivada é fundamental para o desenvolvimento e teste de modelo de simulação de crescimento e produção de uma cultura.

No mesmo sentido Lima et al. (2007) informam que crescimento e o rendimento final de uma cultivar ou outro material genético é resultado de suas interações com o ambiente, e para se compreender alguns aspectos da natureza dos controles intrínsecos de cada material, necessita-se do estabelecimento de índices mais detalhados que permitam uma melhor compreensão dessas interações, através da análise quantitativa de crescimento. Esses autores assinalam que essas análises possibilitam identificar características, ainda no crescimento inicial das plantas, que projetem aumento no rendimento da planta adulta, auxiliando os trabalhos de melhoramento genético na busca por materiais mais produtivos.

Das diversas leguminosas anuais e semiperenes à disposição para serem aproveitadas como plantas de cobertura, adubação verde e outras utilidades, destacam-se as crotalárias, entre elas a *Crotalaria juncea* L., a *Crotalaria spectabilis* Roth; o guandu, *Cajanus cajan* (L.) Millsp, cultivares IAC fava-larga e anão IAPAR-43-Aratã; e o feijão-de-porco, *Canavalia ensiformis* (L.) D.C., sendo que para todas elas são escassos ou mesmo inexistentes os estudos a cerca de suas taxas de crescimento nas condições da savana de Roraima.

Na busca de conhecer parte dessas interações entre material genético (espécies e cultivares) e o ambiente (ecossistemas) e mediante a grande diversidade climática e de solos nos agroecossistemas do Brasil, há a necessidade de se selecionar espécies e cultivares de leguminosas para os mais diversos propósitos (plantas de cobertura, forrageiras, adubos verdes, graníferas, quebra ventos, etc.), nas condições ambientais de savana/lavrado do estado de Roraima, assim como para outros ecossistemas da região.

Para tanto a simples mensuração de rendimento não é suficiente para se conhecer as espécies mais promissoras às condições locais. Imperativo se faz conhecer índices fisiológicos obtidos a partir da análise quantitativa de crescimento de vegetais, que constitui-se o primeiro passo para a avaliação inicial de um material em um novo ambiente.

Face ao exposto, com o presente trabalho objetivou-se caracterizar, por meio da análise funcional de crescimento, os índices ou parâmetros fisiológicos de leguminosas herbáceas e arbustivas nas condições edafoclimáticas da savana de Roraima.

8 MATERIAL E MÉTODOS

8.1 Localização e caracterização climática e de solos da área experimental.

Foram aproveitadas as parcelas cujas sementes foram inoculadas com a estirpe referência – ou estirpe controle BR 2003 (SEMIA 6156) – para os experimentos implantados para caracterização de fixação biológica de nitrogênio – FBN e produção de fitomassa seca aérea, nos anos 2014 e 2015. Esses ensaios foram implantados em áreas diferentes, no Campo Experimental Água Boa do Centro de Pesquisa Agroflorestral de Roraima – EMBRAPA/RR, no município de Boa Vista – RR, em dois períodos de chuvas, sendo o primeiro cultivado entre junho e outubro de 2014, e o segundo entre junho e setembro de 2015. As espécies cultivadas foram plantadas no mês de junho em 2014 e também em junho de 2015.

O campo experimental Água Boa, da Embrapa Roraima, onde foram implantados os experimentos, tem a seguinte localização geográfica: 60° 39' 38" W e 02° 15' 00" N, numa cota média de 90 metros de altitude, em região de domínio de cerrado/savanas, caracterizado como savana gramínea, localmente denominado de Lavrado, com predomínio no estrato herbáceo da poácea (*Trachypogon plumosus*), emergindo caimbés (*Curatella americana muricis/mirixis* (*Crassifolia* spp)), onde se destaca a ocorrência de *Mauritia flexuosa* ou buriti (SILVA, 1997).

De acordo com a classificação Climática de Köppen (BRASIL, 1975), o clima da região é do tipo AW, tropical chuvoso, quente e úmido, com estação seca bem definida, que na localidade prolonga-se de setembro a março, ocorrendo nos meses de janeiro, fevereiro e março os maiores déficits hídricos. A estação das águas tem início em abril/maio e estende-se até agosto/setembro, com maiores concentrações pluviométricas nos meses de maio, junho e julho, com precipitação média anual de 1600 mm (BARBOSA, 2007), com distribuição de chuvas conforme apresentado no capítulo I, na Figura 1.

A área experimental não havia passado por nenhum tipo de cultivo ou correções, sendo uma área de pastagem nativa, com predomínio das poáceas *Tachypogon plumosus* e *Tachypogon vestitus*. A análise de solo apresentou valores na camada de 0-20 cm, conforme descrito no capítulo I, na Tabela 2.

8.2 Caracterização do experimento e delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições, aproveitando-se o ensaio para avaliação da fixação biológica de nitrogênio - FBN objeto do capítulo I deste trabalho, sendo utilizadas para as análises quantitativas de crescimento e índices fisiológicos as parcelas cujas sementes foram inoculadas com a estirpe controle BR 2003 (SEMIA 6156), pois foi a única utilizada como referência em todas as

espécies e cultivares testadas, com exceção da mucuna-cinza e da estilosantes Campo Grande, para a qual não foram realizadas a análise funcional de crescimento. As espécies cultivadas para avaliação de índices fisiológicos de crescimento foram: crotalária júncea, crotalária spectabilis, guandu-anão, guandu fava-larga e feijão-de-porco, descritas na Tabela 1, constante na revisão de literatura deste trabalho.

Cada parcela experimental possuía área total de 24 m², com oito linhas de plantio de 6,0 metros de comprimento, com espaçamento de 0,5 metros entre linhas ou sulcos. A área útil foi composta pelas 6 linhas centrais, sendo que a segunda e a sétima linhas foram utilizadas para coleta de amostras para avaliação de crescimento. Uma linha de plantio em cada extremidade, ou seja, a primeira e a oitava linha e 0,5 metros das cabeceiras da segunda e sétima linha foram utilizados como bordadura.

A semeadura foi realizada após preparo convencional do solo com utilização de grade aradora e niveladora e demarcação dos sulcos. A adubação corretiva com potássio (K) foi constituída de 200 kg ha⁻¹ de K₂O na forma de cloreto de potássio (50% no preparo do solo e 50% no plantio) e a correção de fósforo (P) ou fosfatagem foi feita com 180 kg de P₂O₅ na forma de superfosfato simples (50% durante o preparo do solo e 50% no ato do plantio).

Os inoculantes foram fornecidos pela Embrapa Agrobiologia, e fazem parte da coleção de bactérias diazotróficas daquele centro de pesquisa. As sementes das cinco espécies e cultivares que foram testadas, constantes na Tabela 38, receberam os inóculos de bactérias do gênero *Bradyrhizobium* no dia do plantio, na proporção de 1g do inoculante, em veículo turfoso, por 50 kg de sementes, que foram umedecidas com água potável adicionada de 10% de açúcar cristal, objetivando a fixação dos inoculantes às sementes.

O estande adotado, com todas as espécies plantadas com espaçamento de 0,5 m entre linhas, foi o seguinte: crotalária júncea semeada com 25 sementes por metro, resultando em 500.000 plantas ha⁻¹; crotalária spectabilis semeada com 35 sementes metro linear e estande de 700.000 ha⁻¹; feijão-de-porco semeado com 5 sementes por metro linear, resultando em estande de 100.000 plantas por hectare⁻¹; guandu cv. IAPAR-43 Aratã (anão) e cv. IAC fava-larga com 20 sementes por metro linear, estande de 400.000 plantas ha⁻¹.

8.3 Avaliação da análise quantitativa de crescimento

Para obter os dados necessários à análise de crescimento vegetativo e índices fisiológicos foram coletadas amostras de plantas da unidade experimental ou parcela em coletas realizadas em intervalos de 7 a 21 dias, entre a data da semeadura e o florescimento ou o começo da senescência das folhas, que coincidiu com o início do período seco, no caso de

espécies que não apresentaram floração suficiente ou uniforme para indicar 50% das flores abertas, caso do guandu fava-larga e mucuna-cinza. O número de coletas variou de acordo com o ciclo da espécie e com o ano de cultivo conforme apresentado na Tabela 38.

Tabela 38. Ano de cultivo, número de coletas e de dias das coletas após a semeadura (DAS) para as culturas guandu-anão, guandu fava-larga, feijão-de-porco, crotalária-júncea e crotalária spectabilis.

Espécie	Ano	Nº de coletas/amostras	Dias após a semeadura
Guandu-anão	2014	07	21, 34, 47, 55, 63, 69 e 77
	2015	07	10, 21, 33, 49, 56, 63 e 83
Guandu Fava-larga*	2014	08	21, 34, 47, 55, 63, 69, 81 e 99
	2015	08	15, 22, 30, 37, 50, 57, 66 e 84
Feijão-de-porco	2014	07	13, 27, 42, 48, 54, 66, 78
	2015	06	12, 19, 32, 41, 48 e 55
Crotalária júncea	2014	07	14, 28, 42, 55, 63, 69 e 85
	2015	07	09, 15, 23, 31, 43, 50 e 62
Crotalária spectabilis	2014	06	14, 28, 42, 55, 63 e 69
	2015	06	13, 20, 30, 42, 49 e 56

*O guandu cv. fava-larga apresentou floração desuniforme, assim esse aspecto fenológico não serviu de parâmetro para a coleta final da espécie. Adotou-se como balizamento para a coleta final o lançamento dos botões florais e das primeiras flores, e o início da senescência e morte das folhas baixas, nos primeiros meses do período seco.

A coleta das plantas deu-se da seguinte forma: uma amostra de plantas foi coletada em um metro linear, na segunda ou sétima fila, respeitando-se 0,5 metros nas extremidades das referidas filas como bordadura. Com esta dimensão de amostra foi possível realizar até 09 coletas por espécie.

No momento da coleta das plantas, separaram-se as raízes da parte aérea, que em seguida foram pesadas em laboratório para obter-se a massa fresca dessas partes. Em seguida foram separadas as folhas dos caules e ramos e realizada a determinação da área foliar em cm². O equipamento integrador utilizado foi o modelo LI-3100 “Area Meter” - Li-Cor (LICOR, 1996). Os componentes das plantas foram embalados separadamente em raízes e parte aérea, acondicionados em sacos de papel, e em seguida colocados para secagem em estufa de circulação forçada, a 65 °C, até atingirem massa constante. Após a secagem obteve-se a massa de matéria seca em cada uma das idades de coleta após a semeadura.

Conhecida a área foliar e a quantidade de fitomassa seca da parte aérea, foram determinados os seguintes índices fisiológicos: i) Índice de Área Foliar (IAF), que é resultado

da razão simples entre a área foliar e a superfície do solo ou terreno ocupado pelas plantas, expresso em número puro ou adimensional em $m^{-2} m^{-2}$; ii) Taxa de Crescimento da Cultura (TCC), que representa a quantidade total de matéria seca acumulada, por unidade de área de solo ou substrato, em um determinado tempo, expresso em $g m^{-2} dia^{-1}$, e dada pela derivada da massa seca total em relação ao tempo; iii) Taxa de Assimilação Líquida (TAL), também denominada de Taxa de Assimilação Aparente (TAA), que é o acúmulo na matéria seca por unidade de área foliar da planta, por determinado intervalo de tempo, ou seja, o ganho de fitomassa por unidade de material assimilatório (área foliar), em síntese, o resultado do balanço entre a matéria seca produzida pela fotossíntese e aquela perdida através da respiração. É determinado pela razão entre o TCC e o IAF, expressa em $g m^{-2} dia^{-1}$; iv) taxa de crescimento relativo (TCR) que expressa o incremento na massa da matéria seca, por unidade de peso inicial, em um intervalo de tempo, expressa em $g g^{-1} dia^{-1}$ (HUNT, 1982; MACHADO et al., 1982; LUCCHESI, 1984; SILVA, 2000; PEIXOTO, 2011).

Os dados gerados de área foliar e massa seca da parte aérea foram submetidos a testes para verificação da homogeneidade das variâncias entre as diversas coletas, empregando-se o teste de Bartlett (programa SAEG 9.0, Universidade Federal de Viçosa). Posteriormente, procedeu-se a transformação dos dados em logaritmo natural. Foram testadas quatro funções de crescimento para ajuste dos dados (Gompertz, Logística, Exponencial polinomial quadrático e Exponencial polinomial cúbico). Entre as funções de crescimento testadas para ajuste dos dados no tempo, os modelos de Gompertz [$Y = A \times e(-B \times e(-C \times DAS))$], para produção de matéria seca da parte aérea e Exponencial polinomial quadrático [$Y = e(A + B \times DAS + C \times DAS^2)$] para o IAF foram aqueles que melhor representam a distribuição dos dados observados, com base nas maiores significâncias dos coeficientes e das funções.

9 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O número de dias decorridos entre o plantio e a data em que as plantas apresentavam aproximadamente 50% das flores abertas nos anos de 2014 e 2015, foi de 77 e 83 dias para o guandu-anão, 99 e 84 dias para o guandu fava-larga, 78 e 55 dias para o feijão-de-porco, 85 e 62 dias para a crotalaria juncea e 69 e 56 dias para a crotalaria spectabilis, respectivamente. O guandu cv. fava-larga, nas condições da savana de Roraima, apresentou uma floração bastante tímida em relação às demais leguminosas, por isso foi coletado nos 2014 e 2015, no início do período seco (aos 99 e 84 dias, respectivamente), antes de completar seu ciclo vegetativo e iniciar floração plena, época considerada ideal para coleta.

As plantas de guandu fava-larga, na ocasião do corte, estavam no final do desenvolvimento vegetativo, com formação de botões florais e lançamento das primeiras flores, no entanto já se verificava a senescência e morte das folhas mais velhas e baixas, devido ao período seco.

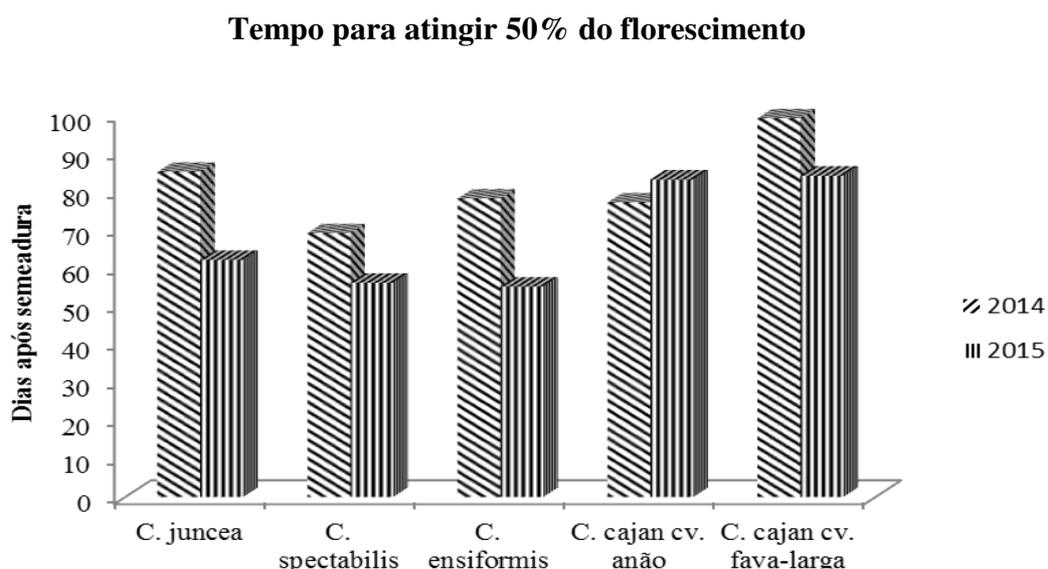


Figura 2. Tempo (dias) decorridos entre a semeadura e o momento em que as plantas apresentavam cerca de 50% das flores abertas, em condição de savana no campo experimental Água Boa, EMBRAPA/RR, anos 2014 e 2015. O guandu cv. fava-larga, nos dois anos de cultivo, foi coletado antes floração plena, no início do período seco.

A produtividade da matéria seca da parte aérea foi influenciada pelos fatores ambientais dos anos de cultivo e pelas características genotípicas das espécies cultivadas, cujos resultados estão apresentados na Figura 3. O acúmulo de fitomassa seca área ao longo do tempo, nos anos 2014 e 2015, pode ser calculado a partir dos parâmetros constantes nas Tabelas 39 e 40, respectivamente.

Tabela 39. Parâmetros estimados a partir da função de Gompertz, para acumulação de fitomassa aérea de cinco espécies de leguminosas em função dos dias após a semeadura - DAS, ano 2014.

Espécies	Parâmetros da função de Gompertz ¹			R ²
	A	B	C	
Crotalária juncea	1183,67977**	9,35323**	0,03273**	0,999
Crotalária spectabilis	1115,33204**	10,50748**	0,03151**	0,994
Feijão-de-porco	1341,71689**	5,87872**	0,01516**	0,981
Guandu-anão	19818,099**	12,30319**	0,01422**	0,998
Guandu fava-larga	10651,00574**	11,24898**	0,01422**	0,986

¹Fitomassa = $A \times e^{(-B \times e^{(-C \times DAS)})}$. **Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste “t” de student.

Tabela 40. Parâmetros estimados a partir da função de Gompertz, para acumulação de fitomassa aérea de cinco espécies de leguminosas em função dos dias após a semeadura - DAS, ano 2015.

Espécies	Parâmetros da função de Gompertz ¹			R ²
	A	B	C	
Crotalária juncea	465,81657**	6,26182**	0,03066**	0,976
Crotalária spectabilis	1074,52379**	10,48573**	0,03448**	0,995
Feijão-de-porco	467,44862**	4,92861**	0,02405**	0,978
Guandu-anão	1723,420**	8,56815**	0,02050**	0,994
Guandu fava-larga	679,04702**	8,09828**	0,03025**	0,978

¹Fitomassa = $A \times e^{(-B \times e^{(-C \times DAS)})}$. **Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste “t” de student.

As curvas ajustadas para a produtividade de matéria seca da parte aérea descrevem adequadamente a variação no tempo do crescimento das espécies nos anos de 2014 e 2015. As acumulações de massa seca aérea das espécies avaliadas começam a se diferenciar nitidamente a partir dos 30 dias após a semeadura (DAS), conforme Figura 3, momento em que o feijão-de porco apresenta os maiores acúmulos de massa, situação que não perdura por todo o ciclo da cultura.

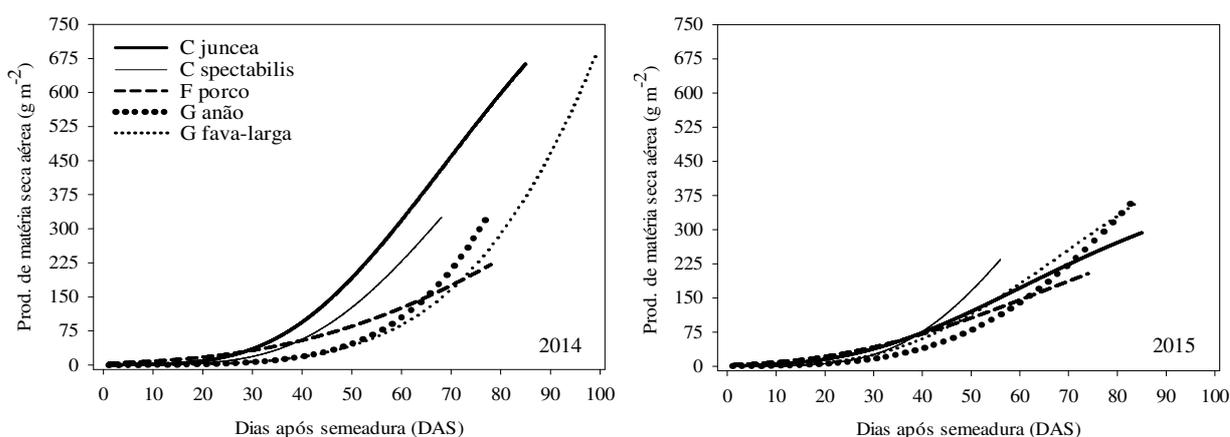


Figura 3. Produtividade de matéria seca aérea de cinco espécies de leguminosas em função dos dias após a semeadura, ajustados ao modelo de crescimento de Gompertz. Campo Experimental da Água Boa/EMBRAP/RR, anos 2014 e 2015.

O guandu-anão juntamente com o guandu fava-larga foram as culturas que apresentaram o menor acúmulo inicial de massa seca da parte aérea, apresentando desempenhos similares até os 35 e 45 dias, para os anos de 2014 e 2015, respectivamente (Figura 3). Calvo et al. (2010), em estudo avaliando a produtividade de fitomassa, o acúmulo de N e relação C/N de cultivo solteiro e consórcio guandu-anão, milho e sorgo, relatam que o guandu-anão apresenta crescimento inicial lento e que em condições de consórcio com espécies de alta capacidade de cobertura do solo, dependendo das condições edafoclimáticas, provavelmente seria dominado.

A crotalária júncea apresentou rápido crescimento, cobertura do solo e acúmulo de massa seca a partir dos 30 e 40 dias nos anos de 2014 e 2015, conforme Figura 3. Pereira (2007), trabalhando com análise de crescimento em cinco espécies de *Crotalaria L.*, dentre elas as espécies *C. juncea* e *C. spectabilis* relata um rápido acúmulo de massa seca aérea e capacidade de cobertura do solo da crotalaria júncea em relação às demais espécies estudadas, corroborando com os dados observados no ano de 2014 do presente estudo (Figura 3). Os maiores acúmulos de massa seca ao fim do ciclo vegetativo foram o guandu fava-larga e crotalária júncea em 2014 e guandu-anão e fava-larga em 2015 (Figura 3).

Para o índice de área foliar (IAF), as equações exponenciais polinomiais de 2º grau, ajustadas para os dados desse parâmetro, descrevem adequadamente sua variação no tempo, conforme Tabelas 41 e 42.

Tabela 41. Parâmetros estimados a partir da função exponencial polinomial de 2º grau, para índice de área foliar de cinco espécies de leguminosas em função dos dias após a semeadura, ano 2014.

Espécies	Parâmetros da função de Gompertz ¹			R ²
	A	B	C	
Crotalária júncea	-5,05549**	0,175393**	-0,00126995**	0,979
Crotalária spectabilis	-6,33832**	0,212276**	-0,00146955**	0,982
Feijão-de-porco	-2,63548**	0,0634587**	0,00027756**	0,956
Guandu-anão	-6,01597**	0,137014**	0,00067216**	0,998
Guandu fava-larga	-6,05809**	0,143432**	-0,00070957**	0,954

¹Fitomassa: $A \times e(-B \times e(-C \times DAS^2))$. **Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste “t” de student.

Tabela 42. Parâmetros estimados a partir da função exponencial polinomial de 2º grau, para índice de área foliar de cinco espécies de leguminosas em função dos dias após a semeadura, ano 2015.

Espécies	Parâmetros da função de Gompertz ¹			R ²
	A	B	C	
Crotalária júncea	-4,51175**	0,161963**	-0,00125262**	0,978
Crotalária spectabilis	-6,30503**	0,222539**	-0,00156708**	0,996
Feijão-de-porco	-2,40479**	-0,0653935**	-0,00030338**	0,991
Guandu-anão	-4,03853**	0,0796458**	-0,00024266**	0,791
Guandu fava-larga	-5,54715**	0,160685**	-0,00100176**	0,985

¹Fitomassa: $A \times e(-B \times e(-C \times DAS^2))$. **Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste “t” de student.

As cinco espécies apresentaram comportamentos distintos no IAF a partir dos 50 dias nos anos 2014 e 2015, onde verifica-se que a *C. spectabilis* apresentou maior valor de área foliar em relação as demais espécies. As maiores expansões dos tecidos foliares da crotalária *spectabilis* foram verificadas aos 69 e 56 dias, nos anos de 2014 e 2015 respectivamente, conforme a Figura 4.

Tais observações são corroboradas por Pereira (2007), que avaliando por dois anos cinco espécies de crotalária, encontrou altos valores de índice de área foliar (IAF) para a crotalária *spectabilis*, superando as demais espécies. Vale ressaltar que os IAF's relatados por esse autor, com máxima expansão foliar verificada para a *C. spectabilis*, que apresentou 21,7 $\text{m}^2 \text{m}^{-2}$, aos 132 DAS, são bem maiores que os verificados neste ensaio, que atingiu 3,7 $\text{m}^2 \text{m}^{-2}$ no ano de 2014, conforme Figura 4. Os dados de Pereira (2007), apontam a completa cobertura do solo pela crotalária *juncea* e crotalária *spectabilis* aos 45 e 62 dias respectivamente, revelando capacidade dessas espécies quanto à competição com a vegetação espontânea em sua fase inicial de crescimento.

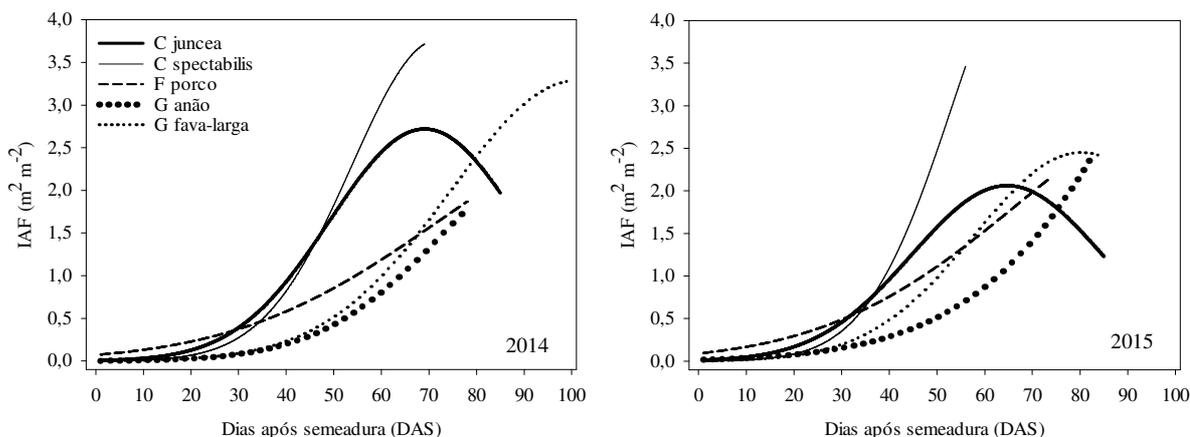


Figura 4. Índice de área foliar de cinco espécies de leguminosas em função dos dias após a sementeira, ajustado ao modelo de crescimento exponencial polinomial de 2º grau. Campo Experimental da Água Boa/EMBRAPA/RR, anos 2014 e 2015.

Verificou-se nos dois anos de cultivo que a crotalária *júncea* apresentou comportamento similar, revelando uma inflexão na sua curva de IAF (Figura 4), possivelmente relacionado à floração da espécie que converte os meristemas apicais em botões florais, e também à senescência e queda das folhas mais baixas, resultante da diminuição das chuvas na 2ª quinzena de agosto, nos dois anos de ensaio.

Inflexões nas curvas do IAF, apontando expansão foliar máxima, foram observadas por Pereira (2007) no período que antecedeu a floração em cinco espécies de *Crotalaria* L. e, por Urchei et al. (2000) no estágio do florescimento para duas espécies de feijão-comum

(*Phaseolus vulgaris*) sob irrigação, manejados em sistemas de plantio convencional e direto, assim como por Geraldo et al. (2000), para cultivares brasileiras e africanas da poácea milho (*Pennisetum glaucum*), que apresentaram o máximo de expansão foliar durante a floração.

O feijão-de-porco apresentou rápida expansão foliar até os 25 dias, superior às demais leguminosas nos dois anos de cultivo, conforme a Figura 5, o que vem corroborar com o observado no trabalho de Melo Filho (2001), onde essa espécie foi mais eficiente que a crotalária *spectabilis* e guandu preto no percentual de cobertura do solo desde a fase inicial até o final de seu desenvolvimento. Resultado similar foi verificado no trabalho de Missio et al. (2004), onde o feijão-de-porco obteve maior velocidade e percentual de cobertura de solo e controle de plantas daninhas durante todo o ciclo em relação à crotalária júncea, guandu-anão e mucuna anã. Nesse sentido, Alvarenga et al. (2001), ressaltam que quanto mais rápido o estabelecimento de uma leguminosa, maior os benefícios advindos da cobertura do solo e na supressão de ervas daninhas.

Ao avaliar as taxas de assimilação líquida (TAL), ou taxa de assimilação aparente (TAA) das cinco espécies, observa-se aumento da matéria seca por unidade de material assimilatório ou área foliar, e infere-se, conforme Figura 5, que a crotalária júncea e crotalária *spectabilis* nos anos de 2014 apresentaram comportamento das curvas similar. Já o feijão de porco e o guandu fava-larga apresentaram similaridade nas curvas de balanço entre fotossíntese e respiração semelhantes (Figura 5), destacando que, diferente de outras culturas, a fotossíntese líquida do guandu-anão foi crescente ao longo do ciclo. As maiores TAL foram observadas para a *C. juncea*, com $11,40 \text{ g m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ aos 21 dias em 2014, e para o guandu fava-larga, com $17,87 \text{ g m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ aos 14 dias no ano de 2015. Esse comportamento revela a elevada capacidade das folhas em plantas jovens realizarem fotossíntese nessas espécies.

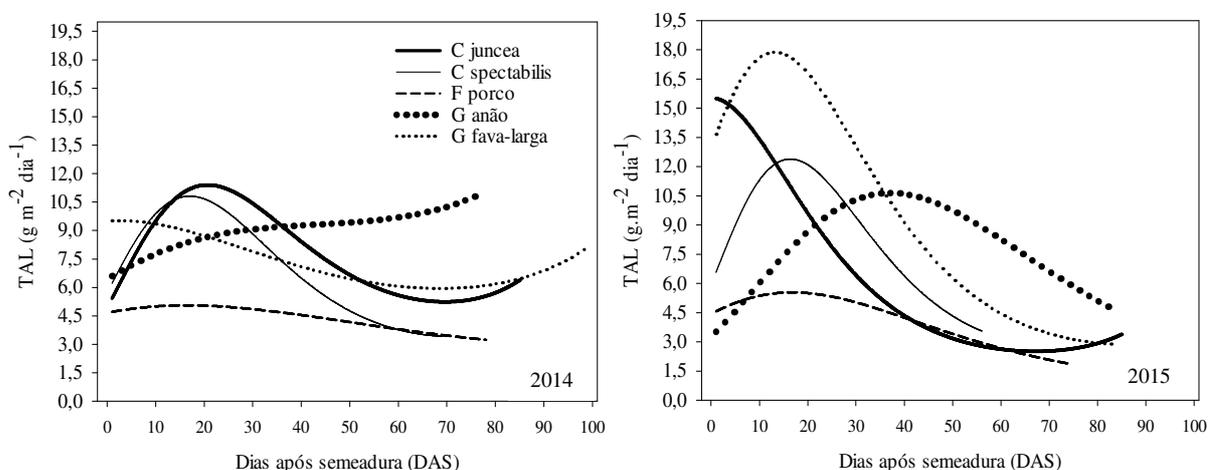


Figura 5. Taxa de assimilação líquida de cinco espécies de leguminosas em função dos dias após o plantio. Campo Experimental da Água Boa/EMBRAPA/RR, anos 2014 e 2015.

No ano de 2015 as curvas da TAL foram similares para a maioria das culturas, exceto a crotalária júncea que apresentou balanço positivo entre fotossíntese e respiração superior às demais espécies no início de seu ciclo, possivelmente devido a seu rápido crescimento inicial, diminuindo em seguida ao longo do ciclo da planta (Figura 5). No trabalho realizado por Urchei et al. (2000), no qual se avaliou índices fisiológicos para duas cultivares de feijão comum, são apresentadas curvas de TAL semelhante ao comportamento verificado pela crotalária júncea no anos de 2015, ou seja uma alta taxa assimilatória no início do ciclo, e diminuição desse índice ao longo do ciclo.

Quanto às curvas da taxa de crescimento da cultura (TCC), que representa a capacidade de produção de matéria seca em função do tempo, para as diferentes leguminosas, observa-se que inicialmente a TCC foi baixa para todas as espécies. Houve tendência semelhante entre as espécies de leguminosas, verificando-se aumento gradual da TCC, à medida que as culturas se desenvolveram no ano de 2014, exceção da crotalária júncea que apresentou um pico, para, depois ligeiramente decrescer (Figura 6).

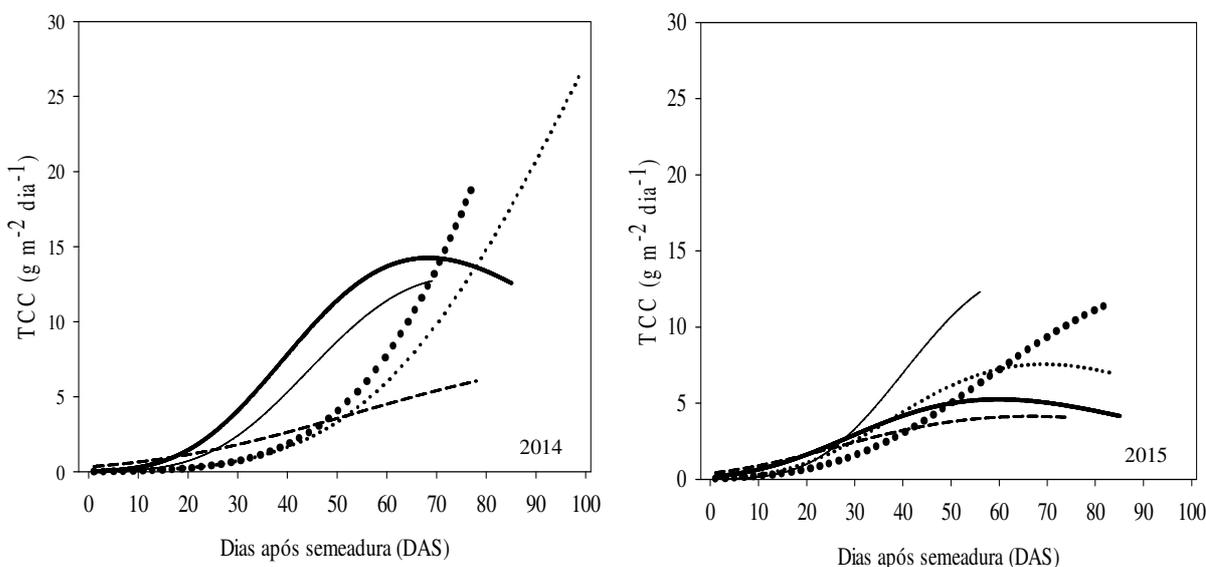


Figura 6. Taxa de crescimento da cultura (TCC) de cinco espécies de leguminosas em função dos dias após a semeadura. Campo Experimental da Água Boa/EMBRAPA/RR, anos 2014 e 2015.

Vale ressaltar que as coletas para determinação dos índices fisiológicos, em função do comprimento das linhas de plantio destinadas à avaliação desses parâmetros, se deu basicamente até o período que antecedeu a floração, por isso verifica-se no caso da TCC do ano de 2014 um comportamento crescente, diferente do observado em 2015 onde a crotalária júncea, crotalária spectabilis e guandu fava larga apresentaram ligeiras inflexões em suas curvas de TCC.

A maior TCC observada foi de 25,58 g m⁻² dia⁻¹ aos 99 DAS para o guandu fava-larga em 2014. A crotalária *spectabilis* apresentou a maior pico entre as espécies com 12,31 g m⁻² dia⁻¹ aos 56 dias no ano de 2015. Observa-se que as curvas do TCC são similares às curvas ajustadas para o IAF, verificadas na Figura 4. Também apresentam alguma semelhança com a produção de matéria seca na parte aérea, como pode ser observado na Figura 3.

O feijão-de-porco, a crotalária júncea e a crotalária *spectabilis* apresentaram estabelecimento mais rápido que as demais culturas até aproximadamente 30 dias após a semeadura (Figura 6), embora o feijão-de-porco tenha apresentado as menores produções de matéria seca por unidade de área ao final de seu ciclo nos dois anos de cultivo. As taxas de crescimento da cultura (TCC), no início do ciclo do guandu fava-larga e guandu-anão, foram as mais lentas entre as espécies avaliadas, conforme Figura 6, e estas apresentaram desenvolvimento mais acentuado a partir dos 40 a 50 dias até o final do ciclo.

Essa característica possibilita que o guandu seja utilizado como componente de sistemas de produção, onde sirvam de aleias e/ou faixas de sombreamento, e, ao mesmo tempo, como fonte de N e outros elementos às culturas principais, conforme relatado por Alves et al. (2004), que utilizaram essa leguminosa em sistema de consórcio (faixas/aleias) na produção orgânica de beterraba, cenoura e feijão-vagem, e, por Oliveira et al. (2006), que a utilizaram para promover o crescimento e o desenvolvimento e a diminuição da “queima” das folhas do inhame (*Colocasia esculenta* L.), em sistema orgânico de produção.

Alvarez et al. (2012), avaliando diversos índices fisiológicos para três cultivares de arroz, discutiram a TCC para essa cultura, apresentando curvas de produção de matéria seca bastante semelhantes para as cultivares avaliadas, guardando alguma semelhança com as curvas do feijão-de-porco e guandu fava-larga (ano 2014) e da crotalária júncea (anos 2014 e 2015).

Os resultados das curvas de TCC ao longo do tempo de crescimento, relatados por Pereira (2007), destacam a crotalária júncea como espécie que apresentou o estabelecimento mais rápido, com menor tempo para atingir a maior TCC e maior acumulação de matéria seca desde o início do ciclo, o que a torna promissora para áreas onde existem plantas invasoras ou susceptíveis à erosão, principalmente cultivada em alta densidade de plantio.

Quanto à taxa de crescimento relativo (TCR), observado nas leguminosas, que expressa o incremento de massa seca em relação à biomassa pré-existente, observou-se declínio sistemático na acumulação de matéria seca ao longo de todo o ciclo de todas as culturas chegando próximo de zero (Figura 7). A crotalária *spectabilis* apresentou as maiores taxas de crescimento relativo nos dois anos de cultivo, indicando a maior conversão de

matéria seca para essa leguminosa, conforme Figura 7. Por outro lado o feijão-de-porco apresentou as menores taxas nos dois anos de condução do ensaio.

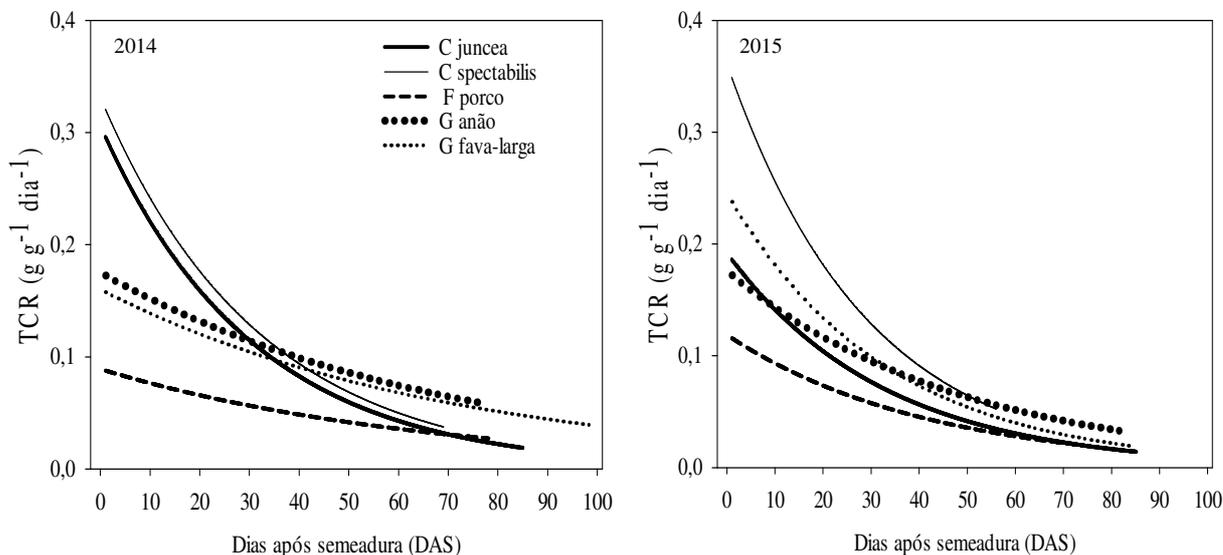


Figura 7. Taxa de crescimento relativo (TCR) de cinco espécies de leguminosas em função dos dias após a semeadura. Campo Experimental da Água Boa/EMBRAPA/RR, anos 2014 e 2015.

A diminuição contínua da TCR, segundo Urchei (2000), pode ser explicada pela elevação da atividade respiratória e pelo auto-sombreamento ao longo do desenvolvimento fenológico das plantas, cuja importância aumenta com a idade da planta.

Essas reduções constantes nas taxas de crescimento relativo também foram observadas por Falqueto et al. (2009) ao longo do desenvolvimento fenológico em cultivares de arroz; Urquei et al. (2000) em feijão-comum; Alvarez et al. (2012) em trabalho com análise de crescimento e produtividades de cultivares de arroz; e Costa et al. (2012) em ensaio com pastagem nativa, na poácea *Trachypogon vestitus*, em regime de queima na savana de Roraima.

10 CONCLUSÕES

1. As maiores produtividades de matéria seca da parte aérea foram proporcionadas pelo guandu fava-larga, crotalária júncea e guandu-anão.
2. As maiores taxas de crescimento da cultura (TCC) foram apresentadas pelo feijão-de-porco e crotalária júncea no início de seus ciclos, e, na fase final do crescimento vegetativo, os maiores incrementos foram verificados no guandu fava-larga e no guandu-anão.
3. Os maiores índices de área foliar (IAF) encontrados foram verificados na crotalária *spectabilis*, nos dois anos de cultivo.
4. As maiores taxas de crescimento relativo (TCR) foram proporcionadas pela crotalária *spectabilis* nos dois anos de cultivo.

CONCLUSÕES FINAIS

1. As estirpes teste BR 10228 para a crotalária júncea; BR 10228 para a crotalária spectabilis; BR 10228 e BR 10240 para o guandu-anão; e BR 10228 e BR 10230 para a mucuna-cinza foram eficientes em promover o crescimento e acúmulo de matéria seca nessas espécies, apresentando potencial para serem utilizadas como inoculantes nas condições da savana de Roraima.
2. As estirpes controle BR 2003 e BR 2001 para a crotalária júncea; BR 2003 para a crotalária spectabilis; BR 2003 e BR 2801 para o guandu-anão apresentaram eficiência em promover acúmulo de fitomassa seca nas espécies, confirmando sua condição de estirpes recomendadas para essas leguminosas.
3. A instabilidade na produtividade da fitomassa seca aérea ao tempo da floração do guandu fava-larga e do feijão-de-porco, no anos 2014 e 2015, impossibilitam recomendar qualquer das estirpes controle ou teste como inoculante para essas leguminosas.
4. As maiores produtividades de matéria seca da parte aérea foram proporcionadas pelo guandu fava-larga, crotalária júncea e guandu-anão.
5. As maiores taxas de crescimento da cultura (TCC) foram apresentadas pelo feijão-de-porco e crotalária júncea no início de seus ciclos, e, na fase final do desenvolvimento vegetativo, os maiores incrementos foram verificados para o guandu fava-larga e o guandu-anão.
6. Os maiores índices de área foliar (IAF) foram verificados para a crotalária spectabilis nos anos 2014 e 2015.
7. As maiores taxas de crescimento relativo (TCR) foram proporcionadas pela crotalária spectabilis nos dois anos de cultivo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O guandu-anão, nos dois anos do ensaio, revelou-se promissor como produtor de grãos, sendo que no ano de 2014 foram coletadas sementes em duas ocasiões, a primeira nas bordaduras, após maturação das vagens, e a segunda nas plantas das bordaduras e nas que rebrotaram na área útil, cortadas por ocasião das avaliações de fitomassa e teores de N. Ressaltamos que o corte das plantas, foi efetuado a cerca de cinco centímetros da superfície do solo, e mesmo assim essa espécie apresentou um vigoroso rebrote, florescimento e frutificação, apesar de pleno período seco.

Outra perspectiva que se abre para o guandu-anão e fava larga é sua utilização como planta forrageira, em função de seu ciclo bianual e capacidade de rebrota após cortes. O fornecimento aos animais pode ser na forma de banco de proteínas ou legumineira, cortado e picado nos cochos, na forma de feno, como material verde integral, ou ensilado com gramíneas. Abre-se a possibilidade de aproveitar-se a produção de grãos na criação de aves.

Dos aspectos que mais chamou atenção na espécie foi sua resistência à severa seca entre os anos 2014 e 2015, o que abre possibilidade de uso com sombreamento provisório, faixas de aleias, cobertura e proteção de solo, quebra vento, atrativo para inseto-fauna, etc.

Da mesma forma a crotalária júncea apresentou comportamento peculiar ao apresentar queda gradual das folhas baixas á medida que se avançava o período seco, depositando as folhas no solo de modo gradual. Apresentou mediana resistência á seca local, com relativa sobrevivência de plantas ao fim da estiagem. Por seu turno a crotalária spectabilis, apesar de baixa resistência à estiagem, apresentou um rápido acúmulo de material vegetal, florando precocemente, sendo pertinente seu aproveitamento em sistemas intensivos, principalmente em cultivos associados à produção de hortaliças.

Vale salientar também a agressividade e velocidade de cobertura de solo proporcionada pela mucuna-cinza, que recobre toda a superfície do solo em cerca de 45 dias. Com a intensificação do período seco verificou-se a morte das plantas e sua rápida mineralização, o que pode dispensar a necessidade do uso de herbicidas ou roçagem para disponibilizá-la como cobertura e fonte matéria orgânica e nutrientes ao solo.

É interessante também que se realizem testes e comparações do desempenho de estirpes de bactérias de *Bradyrhizobium* spp. para as espécies de leguminosas avaliadas no presente estudo, e mesmo outras, em outros agroecossistemas representativos do estado, por exemplo em regiões de floresta de transição e florestas típicas alteradas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AITA, C.; BASSO, C.J.; CERETTA, C.A.; GONÇAVES, C.N.; DA ROS, C.O. Plantas de cobertura de solo como fonte de nitrogênio ao milho. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 25, p. 157-165, 2001.

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

ALTIERE, M.A. **Agroecologia**: bases científicas para uma agricultura sustentável. Expressão popular, ASPTA. São Paulo, Rio de Janeiro, 3. ed. revista e ampliada. 400p. 2012.

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

ALVAREZ, R. DE C.F.; CRUSCIOL, C.A.C. NASCENTE, A.S. Análise de crescimento e produtividade de cultivares de arroz de terras altas dos tipos tradicional, intermediário e moderno. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n. 4, p. 397-406, out./dez. 2012.

ALVES, B.J.R.; SANTOS, J.C.F. dos; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M. Métodos de determinação do nitrogênio em solo e planta. In: HUNGRIA, M.; ARAÚJO, R. S. (Ed.). **Manual de métodos empregados em estudos de microbiologia agrícola**. Brasília: Embrapa SPI, 1994. p. 446-469. (Embrapa-CNPAF. Documentos, 46).

ALVES, S.M.C.; ABBOUD, A.C. de S.; RIBEIRO, R. de L.D.; ALMEIDA, D.L. de. Balanço do nitrogênio e fósforo em solo com cultivo orgânico de hortaliças após incorporação de biomassa de guandu. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 39, n. 11, p. 1111-1117, novembro 2004.

AMBROSANO, E.J.; ROSSI, F., A.; GURADO, N.; SCHAMMASS, E.A.; MURAOKA, T.; TRIVELIN, P.C.O.; AMBROSANO, G.M.B. Espécies de adubos verdes e plantas de cobertura e recomendações para seu uso. In LIMA FILHO, O. F de; AMBROSANO, E. J.; ROSSI, F.; CARLOS, J. A. D. (Ed.). **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e práticas**. Brasília DF. EMBRAPA, v.2, p. 47-80. 2014.

AMBROSANO, E.J.; TRIVELIN, P.C.O.; MURAOKA, T. Técnica para marcação dos adubos verdes crotalária júncea e mucuna-preta com ¹⁵N para estudos de dinâmica do nitrogênio. **Bragantia**, Campinas, v. 56, n. 1, p 157-165, 1997.

ANCÉSIO, E.C.A. de.; BONFIM-SILVA, E.M.; OLIVEIRA, J.R. de.; BOSA, C.K.; SILVA, T.J.A. da. Leguminosa forrageira estilosantes Campo-Grande submetida à calagem em Latossolo do cerrado mato-grossense. **Revista Centro Universitário Patos de Minas**, v. 5, p. 23-32, novembro 2014.

ASSIS, R.L. de.; ROMEIRO, A.R. Agroecologia e agricultura orgânica: controvérsias e tendências. **Desenvolvimento e meio ambiente**, Curitiba, v.6, p. 67-80. 2002.

BARBOSA, R.I. Distribuição das chuvas em Roraima. 1997. In: BARBOSA, R. I.; FERREIRA, E. J. G.; CASTELLÓN, E. G. **Homem, ambiente e ecologia no estado de Roraima**. Manaus: INPA, 1997. p. 325-335.

BARCELLOS, A. de O.; Ramos, A.K.B.; Vilela, L.; Martha Júnior, G.B. Sustentabilidade da produção animal baseada em pastagens consorciadas e no emprego de leguminosas exclusivas, na forma de banco de proteína, nos trópicos brasileiros. **Revista Brasileira de Zootecnia**. V. 37, suplemento especial p.51-67, 2008.

BODDEY, R. M.; URQUIAGA, S.; ASSIS, R. L. de; HUNGRIA, M. **Fixação biológica de nitrogênio por bactérias associadas a cana de açúcar**. Itaguaí - RJ: Embrapa CNPDS, 1992. 5 p. (Embrapa Biologia do Solo, Comunicado técnico, n. 6).

BRASIL. *Projeto RADAMBRASIL. 1975. – Levantamento dos Recursos Naturais* (Vol. 8). MME/Departamento Nacional de Produção Mineral.

BRITO, M. de M. P.; MURAOKA, T.; SILVA, E.C. da. Marcha de absorção do nitrogênio do solo do fertilizante e da fixação simbiótica em feijão-caupi [*Vigna unguiculata* (L.) WALP.] e feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) determinada com uso de ¹⁵N. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 33, p. 895-905, 2009.

BRITO, M.F; TISUJIGUSHI, B.P.; SILVA, E.S.; SILVA, R.F.; MARACANTE, F.M. Eficiência de rizóbios pré-selecionados para inoculação em crotalária. **Revista Cadernos de Agroecologia**, v. 9, n. 4, novembro 2014.

CALEGARI, A. Perspectivas e estratégias para sustentabilidade e o aumento da biodiversidade dos sistemas agrícolas com uso de adubação verde. In LIMA FILHO, O. F de; AMBROSANO, E.J.; ROSSI, F.; CARLOS, J.A.D. (Eds). **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e práticas**. Brasília DF. EMBRAPA, 2014. p. 20-36.

CALEGARI, A; MONDARDO, A.; BULISANI, E.A.; COSTA, M.B.B. da; MIYASAKA, S.; AMADO, T.J.C. Aspectos gerais da adubação verde. In: COSTA, M.B.B. da (Coord.). **Adubação verde no sul do Brasil**. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1993a. 346 p.

CALEGARI, A.; ALCÂNTARA, P.B.; MIYASAKA, S.; AMADO, T.J.C. Caracterização das principais espécies de adubo verde. In: COSTA, M.B.B. da (Coord.). **Adubação verde no sul do Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1993b. p. 207-328.

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.

CARVALHO, W.P.; CARVALHO, G.J. de; ABABADE NETO, D. de O.; TEIXEIRA, L.G.V. Desempenho agrônomico de plantas de cobertura na proteção de solo no período de pousio. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.48, n.2, p.157-166, fevereiro de 2013.

CAPORAL, F. R.; COSTABEBER, J. A. Análise multidimensional da sustentabilidade. **Agroecologia e desenvolvimento rural sustentável**, v.3, p. 71-84. 2002.

CARNEIRO, M.A.C.; CORDEIRO, M.A.S.; ASSIS, P.C.R.; MORAES, E.S.; PEREIRA, H.S.; PAULINO, H.B. SOUZA, E.D. de. Produção de fitomassa de diferentes espécies de cobertura e suas alterações na atividade microbiana de solo de cerrado. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n.2, p.455-462, 2008.

CARVALHO, W.P.; CARVALHO, J.G. de; ABBADE NETO, D. de O.; TEIXEIRA, L.V.G. Desempenho agrônômico de plantas de cobertura na proteção do solo no período de pousio. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília DF, v.58, p.157-166, fev. 2013.

CERETTA, C.A.; AITA, C.; BARIDA, J.A.; PAVIANATO, A.; SALET, R.A. Fornecimento de nitrogênio por leguminosas na primavera para o milho em sucessão nos sistemas de cultivo mínimo e convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 18, p. 215-220, 1994.

CHADA, S. de S.; DE POLLI, H. Nodulação de leguminosas tropicais promissoras para adubação verde deficiente em fósforo. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 23 (2):1197, nov. 1988.

CHAVES, J. da S. **Isolamento, caracterização e eficiência simbiótica de bactérias fixadoras de nitrogênio isoladas de estilósantes (*Stylosanthes* spp.)**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Roraima, Boa Vista/RR, 2014. 74p.

COSTA, E. M.; NÓBREGA, R.S.A.; MARTINS, L.D.V.; AMARAL, F.H.C.; MOREIRA, F.M. de S. Nodulação e produtividade de *Vigna unguiculata* (L.) Walp. Por cepas de rizóbios em Bom Jesus, PI. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n.1, p. 1-7, jan. – mar. 2011.

COSTA, N.L.; GIANLUPPI, V.; MORAES, ANIBAL de. Morfogênese de *Trachypogon vestitus* submetido à queima, durante o período seco, nos cerrados de Roraima. **Ciência animal brasileira**. Goiânia, v. 13, n.1, p.41-48, jan./mar. 2012.

DARTORA, J.; GUMARÃES, V.F.; MARINI, D.; SANDER, G. Adubação nitrogenada associada à inoculação com *Azospirillum brasiliense* e *Herbaspirillum seropedicae* na cultura do milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.10, p.1023-1029, 2013.

DÖBEREINER, J. A importância da fixação biológica de nitrogênio para a agricultura brasileira sustentável. **Biotecnologia, ciência e desenvolvimento** 1(1), p. 02-03 (Encarte especial), 1997.

DÖBEREINER, J. Avanços recentes na pesquisa em fixação biológica de nitrogênio no Brasil. **Estudos avançados**, São Paulo, v.4, p.144-152, abri. 1990.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 1999. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro, 412 p.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Cultivo e uso da estilosantes Campo Grande**. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2007. Comunicado técnico 105. 11 p. (Embrapa Gado de Corte. Comunicado técnico. 105).

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Estilosantes Campo Grande: estabelecimento, manejo e produção animal**. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2000. Comunicado técnico 61. 8 p. (Embrapa Gado de Corte. Comunicado técnico 61).

ESPÍNDOLA, J.A.A.; GUERRA, J.G.M.; ALMEIDA, D.L. de. Uso de leguminosas herbáceas para adubação verde. In: Adriana Maria de Aquino; Renato Linhares de Assis. (Org.). **Agroecologia: princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável**. 1 ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005, v. 2, p. 435-451.

FALQUETO, R.A.; CASSOL, D.; MAGALHÃES JUNIOR, A.M.; OLIVEIRA, A.C.; BACARIN, M.A. Participação de assimilados e de cultivares de arroz no potencial de produtividade de grãos. **Bragantia**, Campinas, v.68, n.3, p. 453-461, 2009.

FAVERO, C.; JUCKSCH, I.; ALVARENGA, R.C.; COSTA, L.M.da. Modificações na população de plantas espontâneas na presença de adubos verdes. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.6, n. 11, p. 1355-1362, nov. 2001.

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

FEIDEN, A. Agroecologia: introdução e conceitos. In AQUINO, A.M.; ASSIS, R.L. (ed.). **Agroecologia: princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável**. Brasília: Embrapa, p. 51-70, 2005.

FERNANDES, M.F.; FERNADES, R.P.M. Seleção inicial e caracterização parcial de rizóbios de tabuleiros costeiros quando associado ao guandu. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, p.321-327, 2000.

FERNANDES, M.F.; FERNADES, R.P.M.; HUNGRIA, M. Seleção de rizóbios nativos para guandu, caupi e feijão-se-porco nos tabuleiros costeiros de Sergipe. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 38, p. 835-842, 2003.

FERREIRA, D. F. Sisvar: A computer statistical analysis system. **Ciência Agropecuária**. Lavras – MG, v. 36, p. 1039-1042, nov./dez., 2011

FERREIRA, E. P. B.; SANTOS, R. F.; MATA, W.M.; COELHO, L. H.; BARBOSA, L. H. A.; DIDONET, A. D. Nodulação e desempenho agrônômico do feijoeiro comum em sistema de produção agroecológico. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 28. 2008, Londrina. **Anais...** Viçosa: SBCS, 2008.

FERREIRA, M.C.; ANDRADE, D. de S.; CHUEIRE, L.M de O.; TAKEMURA, S.M.; HUNGRIA, M. Tillage method and crop rotation effects on the population sizes and diversity

of Bradyrhizobia nodulating soybean. **Soil Biology and Biochemistry**, v.32, p.627-637, 2000.

FLORENTINO, L.A.; MOREIRA, F.M.S. Características simbióticas e fenotípicas de *Azorhizobium doebereineriae*, microssimbionte de *Sesbania virgata*. **Revista Árvore**. 33:215-226, 2009.

FONTES, P.C.R.; DIAS, E.N.; SILVA, D.J.H. Dinâmica do crescimento, distribuição de matéria seca e produção de matéria seca de pimentão em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.23, n.1, p.94-99, jan./mar. 2005.

GAMA-RODRIGUES, A.C.; GAMA-RODRIGUS, E.F. da.; BRITO, E.C.de. Decomposição e liberação de nutriente de resíduos de culturais de plantas de cobertura em argissolo vermelho-amarelo na região noroeste fluminense (RJ). **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 31, p. 1421 – 1428, 2007.

GERALDO, J.; ROSSIELLO, R.O.P.; ARAÚJO, A.P.; PIMENTEL, CARLOS. Diferença em crescimento e produção de grão entre quatro cultivares de milho pérola. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 37, p. 1367-1376, jul. 2000.

GIANLUPPI, V.; SMIDERLE, O.J.; GIANLUPPI, D. **Utilização e cultivo de estilosantes lavradeiro nas áreas de cerrado de Roraima**. Embrapa Roraima. 2002. (Circular técnico n. 2)

HUNGRIA, M. **Inoculação com *Azospirillum brasilense***: inovação em rendimento a baixo custo. Embrapa soja, 2011.

HUNGRIA, M. Métodos de determinação do nitrogênio em solo e planta. In: HUNGRIA, M.; ARAÚJO, R. S. (Ed.). **Manual de métodos empregados em estudos de microbiologia agrícola**. Brasília: Embrapa SPI, 1994. p. 446-469. (Embrapa-CNPAF. Documentos, 46).

HUNGRIA, M.; CAMPO, R.J.; MENDES, I.C. **Fixação biológica de nitrogênio na soja**. Londrina: Embrapa Soja; Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2001. 48 p. (Embrapa Soja, Circular técnica, 35; Embrapa Cerrados, Circular técnica, 13).

HUNGRIA, M.; MENDES, I.C.; MERCANTE, F. M. **Tecnologia de fixação biológica do nitrogênio com feijoeiro**: viabilidade em pequenas propriedades familiares e em propriedades tecnificadas. Londrina: Embrapa Soja, 2013. 32 p. (Embrapa Soja. Documentos, n. 338).

HUNGRIA, M; VARGAS, M.A.T.; ARAÚJO, R.S. Fixação biológica do N₂, na cultura do feijoeiro. In: VARGAS, M. A. T.; HUNGRIA, M. (Ed.). **Biologia dos solos dos cerrados**. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC. 1997, p. 189-294.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R.J.; MENDES, I.C. **Importância do processo de fixação biológica do nitrogênio para a cultura da soja**: componente essencial para a competitividade do produto brasileiro. Londrina: Embrapa Soja: Embrapa Cerrados, 2007. 82p. (Embrapa Soja. Documentos, 283).

HUNT, R. **Plant growth curves: the functional approach to plant growth analysis**. London: Edward Arnold, 1982, 248 p.

HUNT, R.; CAUSTON, D.R.; SHIPLEY, B.; ASKEW, A.P. A modern tool of classical growth plant analysis. **Annals of botany**, v. 90, edição 4, p. 485-488, 2002.

IAC. **Instituto Agronômico de Campinas**. Guandu IAC Fava Larga. Campinas, 2016. Disponível em: <http://www.iac.sp.gov.br/areadepesquisa/grãos/guandu.php>. acesso dia 25 de março de 2016.

IAPAR. **Instituto Agronômico do Paraná**. Guandu anão IAPAR-43 Aratã. Londrina, 2016. Disponível em: <http://www.iapar.br/arquivos/File/folhetos/guandu/guandu43.html>. acesso dia 25 de março de 2016.

JESUS, E.L.de. Diferentes abordagens de agricultura não-convencional: história e filosofia. In AQUINO, A.M.; ASSIS, R.L. (ed.). In: **Agroecologia: princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável**. Brasília: Embrapa, p. 21-48, 2005.

LEAL, M. de A.A.; GUERA, J.G.M.; PEIXOTO, R.T. dos G.; ALMEIDA, D.L. de. Desempenho de crotalária cultivada em diferentes épocas de semeadura e corte. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 59, n. 3, p. 386-391, maio / junho 2012.

LI-COR. **LI 3100 area meter instruction manual**. Lincoln: LICOR, 1996. 34p.

LIMA, A.A. de.; FERNADES JÚNIOR, P.I.; PAULO, F.S. de; NOSOLNE, S.M.; FARIA, S.M. de.; GUERRA, J.G.M.; RUMJANEK, H.G.; XAVIER, G.R. Diversidade e capacidade de rizóbios isolados de nódulos de mucuna-cinza e mucuna-anã. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. V. 36, 337-348, 2012.

LIMA, A.S. et al. Diversidade fenotípica e eficiência simbiótica de *Bradyrhizobium* spp. de solos da Amazônia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 11, p. 1095-1104, 2005.

LOPES, J.; EVANELISTA, A.R.; FORTES, C.A.; PINTO, J.C.; FURTINI NETO, A.E.; SOUZA, R.M. de. Nodulação e produção de raízes do estilosantes mineirão sob efeito da calagem, silicatagem e dosagens d fósforo. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 35, n.1, p.99-107, jan./fev. 2011.

LUCCHESI, A. A. Utilização prática da análise quantitativa do crescimento vegetal. **Anais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz. Piracicaba”**. 1985. V. XLI. P. 180-202.

MACHADO, A. T.; SANTILLI, J.; MAGALHÃES, R. **A agrobiodiversidade com enfoque agroecológico: implicações conceituais e jurídicas**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008.

MACHADO, E. C.; PEREIRA, A. R.; DAHL, J. I.; ARRUDA, H. V.; SILVA, W. J. da; TEIXEIRA. J.P.F. Análise de crescimento de quatro variedades de milho em três densidades

de plantio, através de funções matematicamente ajustadas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, 17 (6): 825-833, jun. 1982.

MAGALHÃES, A.C.N. Análise quantitativa do crescimento. In: FERRI, M. G. **Fisiologia vegetal**. São Paulo, EPU, 1985. V.1, p.363 - 50.

MARTINS, N.M. Eficiência simbiótica de isolados nativos de Mato Grosso do Sul, inoculados em guandu. **Cadernos de Agroecologia**. V. 7, n. 2, dez. 2012.

MASCARENHAS, H.A.A.; WUTKE, E.B. Adubação, nutrição e fatores climáticos limitantes ao desenvolvimento dos adubos verdes. In LIMA FILHO, O. F de; AMBROSANO, E. J.; ROSSI, F.; CARLOS, J. A. D. (Ed.). **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e práticas**. Brasília DF. EMBRAPA, 2014, p. 191-224.

MELLONI, R. et al. Eficiência e diversidade fenotípica de bactérias diazotróficas que nodulam caupi [*Vigna unguiculata* (L). Walp] e feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em solos de mineração de bauxita de mineração. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, p.235-246, 2006.

MELO FILHO, J.F.M.; COSTA, J.A.; CRUZ, A.M.P.; MAIA, R.M.B. Características de três leguminosas para utilização como plantas de cobertura do solo e controle de perdas **por erosão**. In. Simpósio Nacional de Controle de Erosão, 7. Goiânia – GO, **Anais...Goiânia: UFG**, 2001. Artigos, p.1-8.

MELO, S.R. de; ZILLI, J.E. Fixação biológica de nitrogênio em cultivares de feijão-caupi recomendadas para o estado de Roraima. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n.9, p. 1177-1183, setembro de 2009.

MERCANTE, F.M.; HUNGRIA, M.; MENDES, I. de C.; REIS JÚNIOR, F.B dos.; ANDRADE, D.S. Fixação biológica de nitrogênio em adubos verdes. In LIMA FILHO, O. F de; AMBROSANO, E. J.; ROSSI, F.; CARLOS, J. A. D. (Eds). **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e práticas**. Brasília DF. EMBRAPA, v.1, p. 307-331. 2014.

MIRANDA, C.H.B.; VIEIRA, A.; CADISH. G. Determinação da fixação biológica de nitrogênio (*Arachis* spp.) por intermédio da Abundância Natural de ¹⁵N. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, p. 1859-1865, 2003 (Supl. 2).

MISSIO, E.L.; DEBIASI, H.; MARTINS, J.D. Comportamento de leguminosas para cobertura do solo, adubação verde e controle de plantas daninhas. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**. Porto alegre. V. 10, n. 1-2, p. 129-136, 2004.

MORAES, S.R.G.; CAMPOS, V.P.; POZZA, E.A.; FONTANNETI, A.; CARVALHO, G.J.; MAXIMIANO, C. Influência de leguminosas no controle de fitonematoides no cultivo orgânico de alface americana e de repolho. **Fitopatologia Brasileira**, v. 31(2), p. 188-191, mar. – abr. 2006.

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2. Ed. Lavras: UFLA, 2006. 729p.

NASCIMENTO, J.T.; SILVA, I.F. da. Avaliação quantitativa e qualitativa de leguminosas para uso como cobertura do solo. **Ciência Rural**, v.34, n.3, maio – junho de 2004.

NOSOLINE, S.; PAULO, F.; LEITE, J.; LIMA, A.; RUMJANEK, N.; XAVIER, G. Fenótipo de bactérias isoladas de nódulos de *crotalaria* spp. cultivadas num sistema de produção agroecológica. **Revista Cadernos de Agroecologia**, V. 6, n° 2, dez. 2011.

OLIVERA, F.A.; CASTRO, A.S. de O.; MARTINS, N.M.; BARBOSA, P.M.G.; MERCANTE, F.M. Seleção de estirpe de rizóbios nativos de solos de Mato Grosso do Sul para inoculação de adubo verde. **Revista Cadernos de Agroecologia**. V.7, n.2, Dez.2012.

OLIVEIRA, F.B. de; GUERRA, J.G.M.; ALMEISA, D. L. de.; ESPÍNDOLA, J.A.A.; RICCI, M. dos S.F.; CEDDIA, M. B. Avaliação de coberturas mortas em cultura da alface sob manejo orgânico. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.26, n.2, p.216-220, abr.- jun. 2008.

OLIVEIRA, F.B. de; GUERRA, J.G.M.; JUNQUEIRA, R.M.; SILVA, E.E. da; OLIVEIRA, F.F. de; ESPÍNDOLA, J.A.A.; ALMEIDA, D.L. de; URQUIAGA, S. Crescimento e produtividade do inhame cultivado entre faixas de guandu em sistema orgânico. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.24, n.1, p.53-57, jan.-mar. 2006.

PADOVAN, M.P.; SÁ, M.I. de.; CARNEIRO, L.F.; MOUTINHO, M.R. FERNANDES, S.S.L.; Acúmulo de fitomassa e nutrientes e estágio mais adequado de manejo de feijão-deporco para fins de adubação verde. **Revista Brasileira de Agroecologia**. V.6, n.3, p.182-190, 2011.

PAULINO, G.M.; ALVES, B J.R.; BARROSO, D.G.; URQUIAGA, S.; ESPÍNDOLA, J.A. A. Fixação biológica de nitrogênio por leguminosas em pomar orgânico de mangueira e gravioleira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 12, p. 1598-1607, dezembro 2009.

PEIXOTO, C.P.; CRUZ, T.V. da.; Peixoto, M. de F. da S. P. Análise quantitativa do crescimento de plantas: conceitos e práticas. **Enciclopédia Centro Científico Conhecer**. Goiânia, vol. 7, N. 13; 2011. p. 51-75.

PEREIRA, A.R.; MACHADO, E.C. **Análise quantitativa do crescimento de vegetais**. Campinas. Instituto Agrônomo. Campinas, 1987. 33 p. (IAC-Boletim Técnico n. 114).

PERERA, A.J. **Caraterização agrônômica de espécies de *Crotalaria L.* em diferentes condições edafoclimáticas e contribuição da adubação verde com *C. juncea* no cultivo orgânico de brássicas em sistema plantio direto**. 2007.72f. (Doutorado em Fitotecnia) – Instituto de Agronomia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Seropédica, 2007.

PERIN, A.; GUERRA, J.G.M.; TEIXEIRA, M.G. Cobertura do solo e acumulação de de nutrientes pelo amendoim forrageiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, p.791-796, 2003.

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, v.39, n.1, p.35-40, jan. 2004.

PETERSEN, P.F.; VON DER WEID, J.M.; FERNANDES, G.B. Agroecologia: reconciliando agricultura e natureza. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 30, n. 252, 2009.

RAYOL, B.P.; ALVINO-RAYOL, F. de O. Produção de biomas e teor de nutrientes do feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis* (L.) DC.) em reflorestamento no estado do Pará. **Agroecossistemas**, n.4, v.2, p.85-90, 2012.

RIBAS, R.G.T.; SANTOS, R.H.S.; SIQUEIRA, R.G.; DINIZ, E.R.; PETERNELLI, L.A.; FREITAS, G.B. de. Decomposição, liberação e volatilização de nitrogênio em resíduos culturais de mucuna-cinza (*Mucuna cinérea*). **Ciênc. Agrotécnica**, Lavras, v.34, n.4, p.878-885, jul.-ago., 2010.

RODRIGUES, G.B.; SÁ, M.E. de.; VALÉRIO FILHO, W.V.; BUZETTI, S.; BERTOLIN, D.C.; PINA, T.P. Matéria e nutrientes da parte aérea de adubos verdes em cultivos exclusivo e consorciado. *Revista Ceres*, Viçosa, v. 59, n.3, p.380-385, mai/jun, 2012.

RUFINI, M.; OLIVEIRA, D. de P.; TROCHMANN, A.; SOARES, B.L.; ANDRADE, M.J.B. de.; MOREIRA, F. M. de S. Estirpes de *Bradyrhizobium* em simbiose com guandu-anão em casa de vegetação e no campo. **Pesquisa agropecuária Brasileira, Brasília**, v. 49, p. 196-206, mar. 2014a.

RUFINI, M.; OLIVEIRA, D. de P.; TROCHMANN, A.; SOARES, B.L.; ANDRADE, M.J.B. de.; MOREIRA, F. M. de S. **Eficiência de *Bradyrhizobium* spp. em simbiose com guandu cv. Fava-larga em condições diversas**. 2014. 78p. Tese de (Doutorado em Ciência do solo). Universidade Federal de Lavras, Lavras/MG, 2014b.

RUMJANEK, N.G.; XAVIER, G.R.; MARTINS, L.M.V.; MORGADO, L.B. NEVES, M.C. P. **O feijão-caupi tem uma nova estirpe de rizóbio, BR 3267, recomendada como inoculante**. Seropédica – RJ: Embrapa Agrobiologia, 2006. 16 p. (Embrapa Agrobiologia. Boletim de Pesquisa e desenvolvimento, 15).

SANTOS, A.B. dos; COSTA, J.D. Crescimento de arroz de sequeiro em diferentes populações e irrigação suplementar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, DF**, v.32, n.10, p.591-599, 1997.

SCIVITTARO, W.B.; MURAOKA, T.; BOARETTO, A.E.; TREVELIN, P.C.O. Transformações do nitrogênio proveniente de mucuna-preta e ureia utilizados como adubo na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v. 38, n. 12, p. 1427-1433, dez. 2003.

SHEARER, G. & KOHL, D. H. **N₂ fixation in field settings: estimations based on natural ¹⁵N ABUNDANCE**. *Aust. J. Plant physiology*, v. 13, n.6, 699-756, 1986.

SILVA, E.C. da; MURAOKA, T.; BUZETTI, S.; VELO, M. E. da C.; TIVELI, P.C.O. Absorção de nitrogênio nativo do solo pelo milho sob plantio direto em sucessão a plantas de cobertura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 30, p. 723-732, 2006.

SILVA, E.L.S. A vegetação de Roraima. In: BARBOSA, R. I.; FERREIRA, E.J.G.; CASTELLÓN, E. G. **Homem, ambiente e ecologia no estado de Roraima**: INPA, 1997. p.325-335.

SILVA, G. de B.S.; GUERRA, J.G.M.; GONÇALVES JÚNIOR, M.; COSTA, J.R. ESPÍNDOLA, J. A. A.; ARAÚJO, E. da S. Desempenho agronômico de mucuna-verde em diferentes arranjos espaciais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n.6, p. 603-608, jun. 2011b.

SILVA, G.; LIMA, A.; NOSOLINE, S.; RUMJANEK, N.; XAVIER, G. Seleção de inoculante rizobiano para feijão-de-porco. **Revista Brasileira de Agroecologia**. V. 2, n. 2, p 1232-1235, out. de 2007.

SILVA, J.A.A da.; VITTI, G.C.; STUCHI, E.S.; SEMIONATO, O.R. Reciclagem e incorporação de nutrientes ao solo pelo cultivo intercalar de adubos verde em pomar de laranja-“pêra”. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal – SP, v. 24, n. 1, p. 225-230, abril 2002.

SILVA, L.C.; BELTRÃO, N.E. de M.; AMORIM NETO, M. da S. **Análise de crescimento de comunidades vegetais**. Campina Grande: EMBRAPA, 2000. 18 p. (Circular técnica, n. 34).

SILVA, L.R. da.; BELINI, C.M.; CAMELO, A.D.; GALDINO JR, R.F.; MOREIRA, W.M.Q. Eficiência da associação simbiótica de *Bradyrhizobium* para o crescimento da crotalária (*crotalaria juncea*). **Revista fafibe on-line**, Bebedouro SP, 7 (1): 61-74, 2014.

SILVA. E.E. da.; De-POLLI, H.; GUERRA, J.G.M.; AGUIAR-MENEZES, E. L.; RESENDE, A.L.S.; OLIVEIRA, F.L.; RIBEIRO, R de L.D. Sucessão entre cultivos orgânicos de milho e couve consorciados com leguminosas em plantio direto. **Horticultura Brasileira**, v. 29, p. 57-62, jan. – mar. 2011a.

SOUZA, L. da S.; SOUZA, L. D.; CARVALHO, J.E.B. de. Adubação verde na física do solo. In LIMA FILHO, O. F de; AMBROSANO, E. J.; ROSSI, F.; CARLOS, J. A. D. (Ed.). **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e práticas**. Brasília DF. EMBRAPA, v.1, p. 373-398. 2014.

SOUZA, L.A.G.; BEZERRA NETO, E.; SANTOS, C.E de R.S.; STAMFORD, N.P. desenvolvimento e nodulação natural de leguminosas em solos de Pernambuco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.2, p.2017-2017, fev.2007.

SOUZA, M.F.M de.; VALE, H.M.M do. STRALIOTTO, R. Competitividade de estirpes pertencentes a diferentes espécies de rizóbios para ocupação nodular em feijoeiro. (*Phaseolus vulgaris* L.). **Agronomia**, v.37, n.1, p.59-63, 2003.

TEIXEIRA, C.M.; CARVALHO, G.J.; FURTINI NETO, A.E.; ANDRADE, M.J.B de.; MARQUES, E.L.S. Produção de biomassa e teor de nutrientes do milheto, feijão-de-porco e guandu-anão em cultivo solteiro e consorciado. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 1, p. 93-99, jan./fev. 2005.

TEODORO, R.B.; OLIVEIRA, F.L. de.; SILVA, D.M.N. da.; FÁVERO, C.; QUARESMA, M.A.L. Leguminosas herbáceas perenes para utilização como coberturas se solo na Caatinga Mineira. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 42, n. 2, p.292-300, abr.-jun. 2011.

URCHEI, M. A.; RODRIGUES, J. D.; STONE, L. F.. Análise de crescimento de duas cultivares de feijoeiro sob irrigação, em plantio direto e preparo convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n.3, p. 497-506, Mar. 2000.

VALARINI, M.J.; GODY, R. Contribuição da fixação biológica de nitrogênio na produção do guandu [*Cajanus cajan* (L.) Millsp]. **Scientia Agrícola**, v.51, p.500-504, 1993.

VARGAS, M.A.T.; SÁ, N.M.H. de. Fixação biológica de nitrogênio por leguminosas forrageiras. In VARGAS, M.A.T; HUNGRIA, M. (Ed.). **Biologia dos solos dos cerrados..** Planaltina: EMBRAPA-CPAC. 1997.

VARGAS, M.A.T.; SUHET, A.R. Eficiência de inoculantes comerciais e de estirpes de *Rizhobium* para seis leguminosas forrageiras em um solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 16, n. 3. P. 357-362. 1981.

WUTKE, E.B.; CALEGARI, A.; WILDNER, L. do P. Espécies de adubos verdes e plantas de cobertura e recomendações para seu uso. In LIMA FILHO, O. F de; AMBROSANO, E. J.; ROSSI, F.; CARLOS, J. A. D. (Ed.). **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e práticas.** Brasília DF. EMBRAPA, v.1, p.61-167. 2014.

XAVIER, G.R.; MARTINS, L.M.V.; RIBEIRO, J.R. de A.; RUMJANEK, N.G. Especificidade simbiótica entre rizóbios e acessos de feijão-caupi de diferentes nacionalidades. **Caatinga**, v.19, n.1, p.25-33, janeiro-março 2006.

ZILLI, J.E.; MARSON, L.C.; MARSON, B.F., RUMJANEK, N.G.; XAVIER, G. R. Contribuição de estirpes de rizóbio para o desenvolvimento e produtividade de grão de feijão-caupi. **Acta Amazônica**. V. 39 (4), p. 749 – 758, 2009a.

ZILLI, J.E.; VALICHESKI, R.R.; RUMJANEK, N.G.; SIMÕES-ARAÚJO, J.L.; FREIRE FILHO, F.R.; NEVES. M.C.P. Eficiência simbiótica de estirpes de *Bradyrhizobium* isolados do solo do cerrado em caupi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v, 41, n.5, p.811-818, maio 2006.

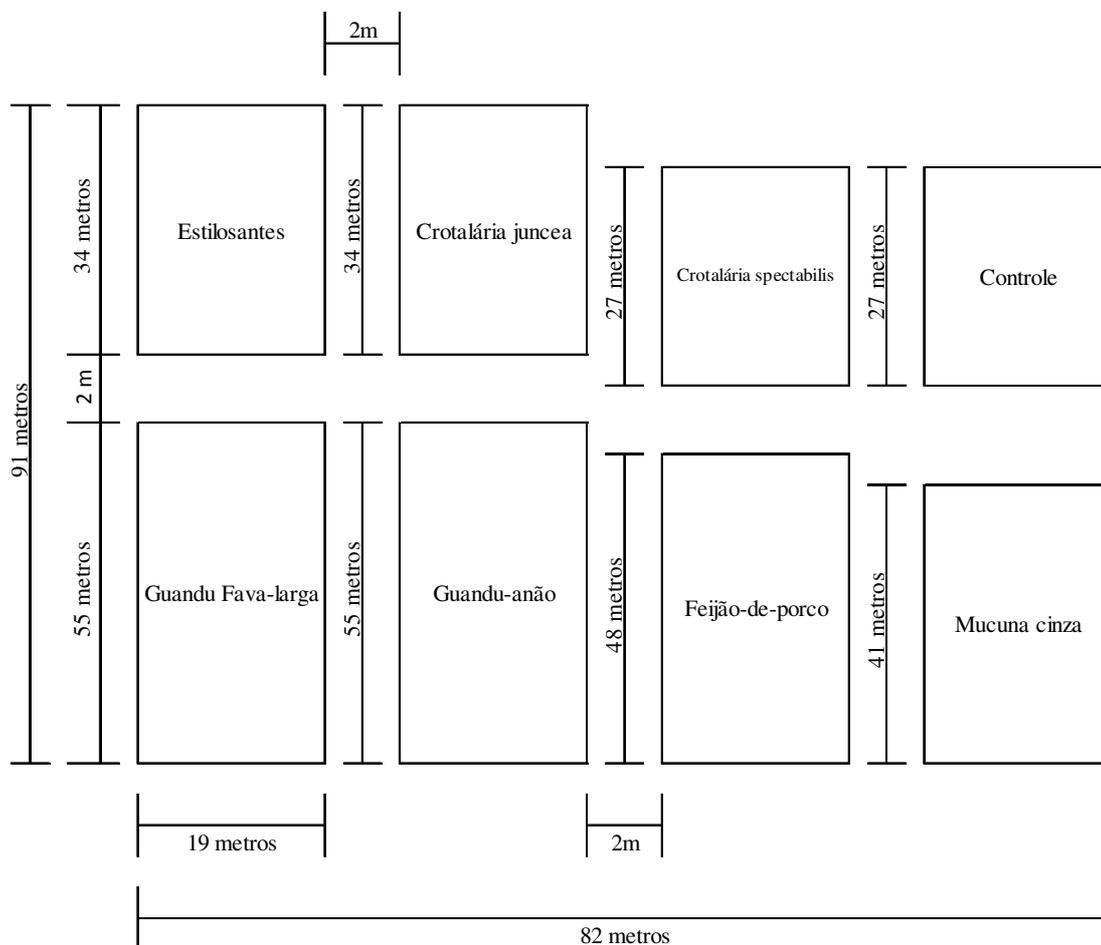
ZILLI, J.E.; XAVIER, G.R.; MOREIRA, F.M.de S.; FREITAS, A.C.R de.; OLIVEIRA, L.A. de. Fixação biológica de nitrogênio. In Zilli, J.E.; VILARINHO, A.A.; ALVES, J.M.A. (Ed.). **A cultura do feijão-caupi na Amazônia brasileira.** Boa Vista RR, 2009b. p. 185-221.

ZILLI, J.E; PEREIRA, G.M.D.; FRANÇA JÚNIOR, I.; SILVA, K. da; HUNGRIA, M. ROUWS, J.R. da C. Dinâmica de rizóbios em solo de cerrado de Roraima durante o período de estiagem. **Acta Amazônica**. Volume 4(2). P. 153-160. 2013.

APÊNDICES

Apêndice I. Esquema geral do experimento de campo com disposição e tamanho das áreas das leguminosas nos anos 2014 e 2015.

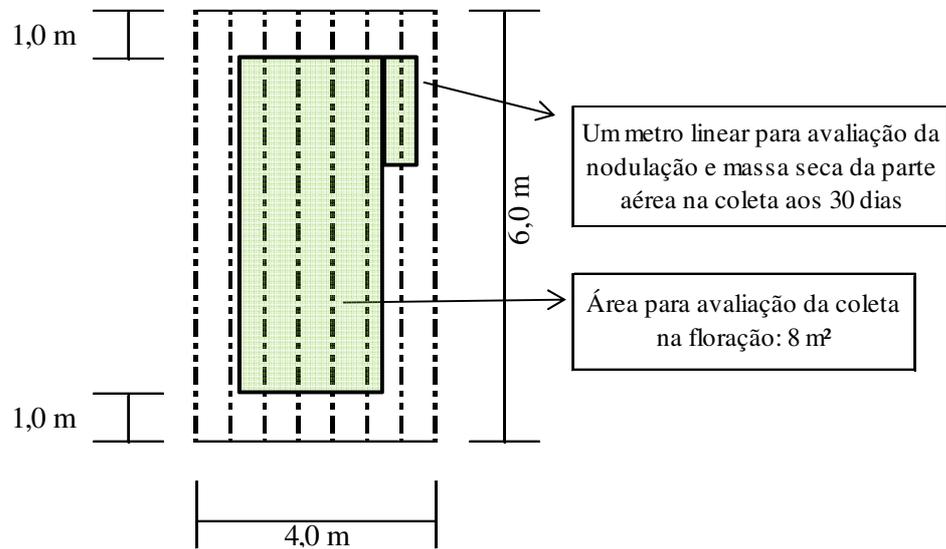
CROQUI GERAL COM DISPOSIÇÃO DOS EXPERIMENTOS EM CAMPO



Croqui da disposição das leguminosas no campo, com as referidas mediadas entre as áreas com leguminosas, o tamanho de cada experimento e área total.

Apêndice II. Esquema de cada parcela com suas respectivas linhas de bordadura e área útil de coleta.

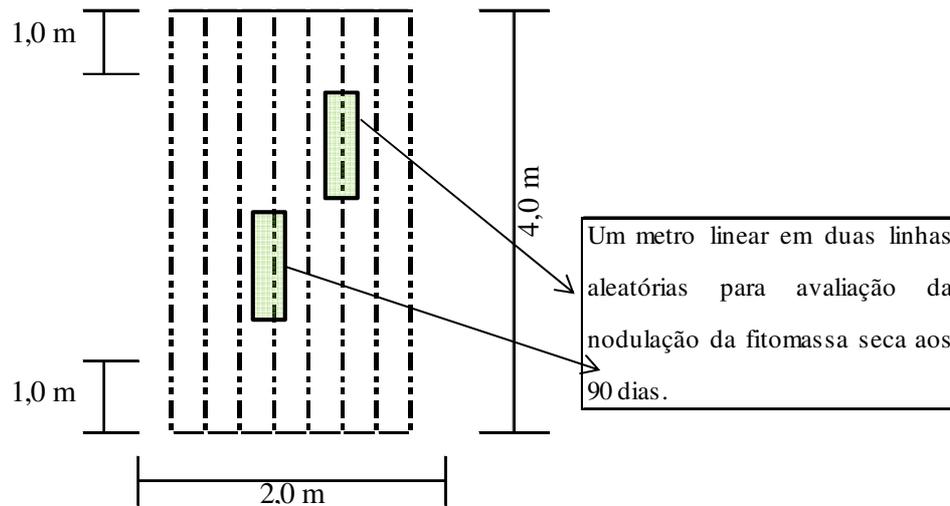
Croqui para cada parcela - área de coleta



Bordaduras: um metro linear nas extremidades e uma linha de cada lado

Detalhe da parcela das leguminosas crotalária juncea, crotalária spectabilis, guandu-anão, guandu fava-larga, feijão-de-porco e mucuna cinza nos dois anos de cultivo, 2014 e 2015.

Croqui da área de coleta - estilosantes



Bordaduras: um metro linear nas extremidades e duas linhas de cada lado

Detalhe da parcela da estilosantes Campo Grande ano de 2015.

Apêndice III. Fotos de diversas etapas e características dos experimentos.



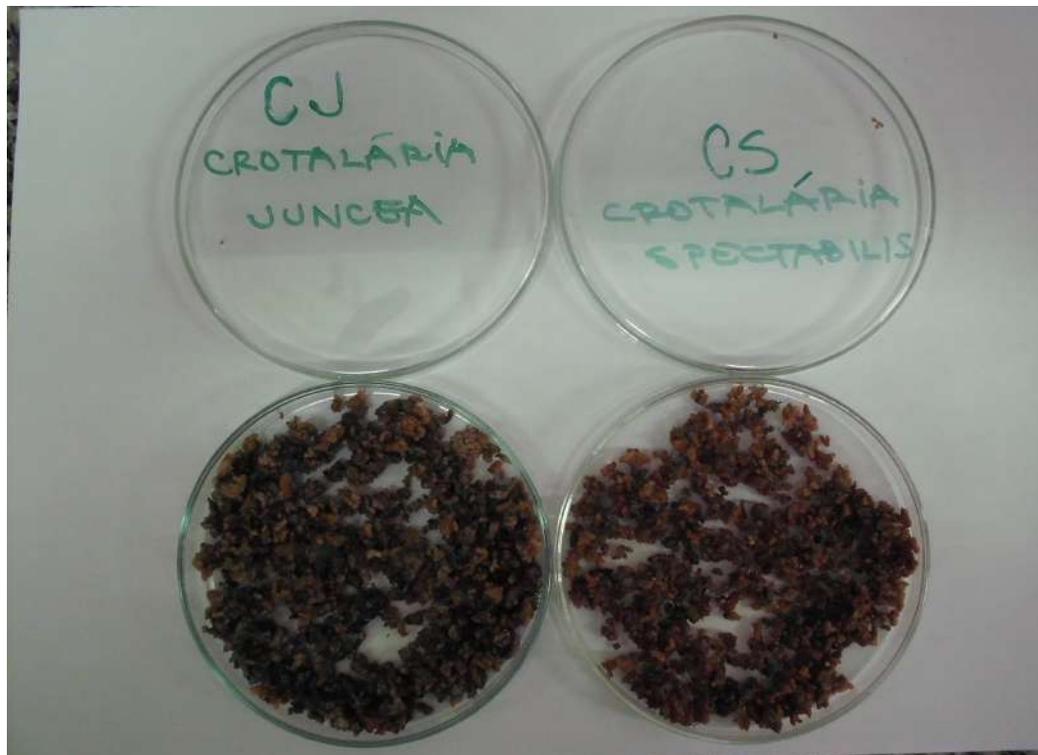
Coleta aos 14 dias do feijão-de-porco para avaliação de índices fisiológicos, desenvolvimento das raízes e acúmulo de fitomassa seca na parte aérea. Foto: Edmilson Evangelista da Silva.



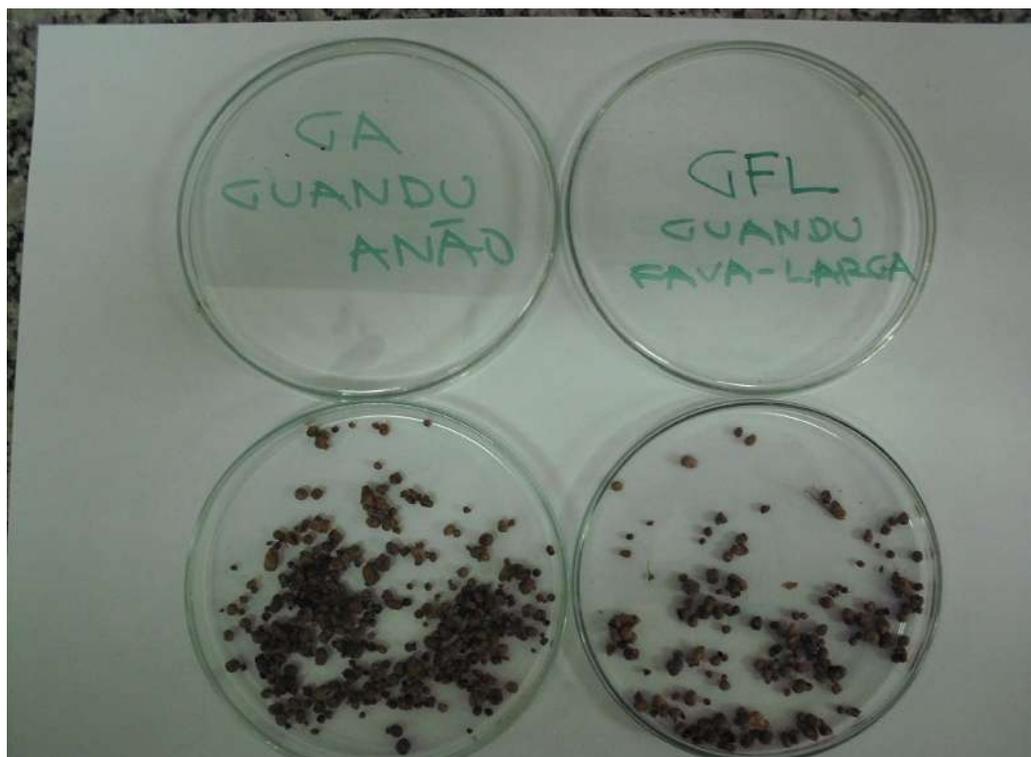
Coleta aos 30 dias do feijão-de-porco para avaliação da nodulação, desenvolvimento das raízes e acúmulo de fitomassa seca na parte aérea. Foto: Edmilson Evangelista da Silva.



Detalhe da utilização de equipamentos na coleta de plantas da crotalária júncea para realização de análise quantitativa de crescimento. Foto: Joaquim Parimé P. Lima.



Nódulos da crotalária juncea e crotalária spectabilis. Observar a semelhança nas características morfológicas dos nódulos nas duas espécies. Foto: Joaquim Parimé P. Lima.



Nódulos das cultivares de guandu-anão e guandu fava-larga. Observar a semelhança nas características morfológicas dos nódulos das duas cultivares. Foto: Joaquim Parimé P. Lima.



Nódulos da mucuna-cinza. Foram os maiores em tamanho e os de maior matéria fresca entre as espécies avaliadas. Foto: Joaquim Parimé P. Lima.



Floração da *crotalaria spectabilis* ao tempo da coleta para avaliação da fitomassa seca da parte aérea, teores e acúmulo de nitrogênio, ano 2014. Foto: Joaquim Parimé P. Lima.



Floração do guandu-anão ao tempo da coleta para avaliação da fitomassa seca da parte aérea, teores e acúmulo de nitrogênio, ano 2014. Foto: Edmilson Evangelista da Silva.



Floração crotalaria júncea ao tempo da coleta para avaliação da fitomassa seca da parte aérea, teores e acúmulo de nitrogênio, ano 2014. Foto: Edmilson Evangelista da Silva



Detalhe da pesagem do guandu fava-larga no início do período seco, ano 2014. Observar que as plantas não apresentavam floração e também já se verificava queda das folhas baixeras. Foto: Edmilson E. da Silva



Detalhe da pesagem do guandu fava-larga no início do período seco, ano 2015. Observar que as plantas não apresentavam floração. Foto: Edmilson E. da Silva.



Plantas cortadas e dispostas no solo da área útil em uma parcela da crotalaria spectabilis, ano



2014. Foto: Joaquim Parimé P. Lima.

Plantas cortadas para pesagem em uma parcela da crotalária spectabilis, ano 2015. Verificar o vigor e floração das plantas cortadas aos 63 dias. Foto: Edmilson Evangelista da Silva.



Plantas dispostas no útil em uma guandu-anão, Observar a abundante da Joaquim Lima.



cortadas e solo da área parcela ano 2015. floração espécie. Foto: Parimé P.



Medição da área foliar utilizando aparelho LI-300 Li-cor Area Meter. Fotos: Edmilson E. da Silva.



Vista geral do experimento no ano de 2015, com cerca de 45 dias após o plantio. Fotos: Joaquim Parimé P. Lima.