



**PALMA FORRAGEIRA INOCULADA COM *Azospirillum  
brasiliense* E SUBMETIDA À ADUBAÇÃO NITROGENADA**

**ELITON RUBENS TEIXEIRA DA CRUZ**



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**PALMA FORRAGEIRA INOCULADA COM *Azospirillum brasilense* E  
SUBMETIDA À ADUBAÇÃO NITROGENADA**

Autor: Eliton Rubens Teixeira da Cruz  
Orientador: Dr. Fábio Andrade Teixeira

ITAPETINGA  
BAHIA – BRASIL  
2021

**ELITON RUBENS TEIXEIRA DA CRUZ**

**PALMA FORRAGEIRA INOCULADA COM *Azospirillum brasilense* E  
SUBMETIDA À ADUBAÇÃO NITROGENADA**

Dissertação apresentada como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

Orientador: Prof. Dr. Fábio Andrade Teixeira

Co orientadora: Profa. Dra. Daniela Deitos Fries

ITAPETINGA  
BAHIA – BRASIL  
2021

633.2 Cruz, Eliton Rubens Teixeira da.  
C961p Palma forrageira inoculada com *Azospirillum brasilense* e submetida à adubação nitrogenada. / Eliton Rubens Teixeira da Cruz. - Itapetinga: Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 2021.  
52fl.

Dissertação apresentada como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Sob a orientação do Prof. D. Sc. Fábio Andrade Teixeira e coorientação da Profª. D. Sc. Daniela Deitos Fries.

1. Palma forrageira – Inoculação - *Azospirillum brasilense*. 2. Palma forrageira – Fixação biológica de nitrogênio. 3. Adubação nitrogenada. I. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. II. Teixeira, Fábio Andrade. III. Fries, Daniela Deitos. IV. Título.

**CDD(21): 633.2**

Catálogo na fonte:

Adalice Gustavo da Silva – CRB/5-535  
Bibliotecária – UESB – Campus de Itapetinga-BA

Índice Sistemático para Desdobramento por Assunto:

1. *Nopalea cochenilifera*
2. *Azospirillum brasilense*
3. Fitormônios - Produção

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA - UESB**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA - PPZ**  
Área de Concentração: Produção de Ruminantes

Campus Itapetinga-BA

**DECLARAÇÃO DE APROVAÇÃO**

**Título:** "Palma forrageira inoculada com *Azospirillum brasilense* e submetida à adubação nitrogenada".

**Autor (a):** Eliton Rubens Teixeira da Cruz

**Orientador (a):** Prof. Dr. Fábio Andrade Teixeira

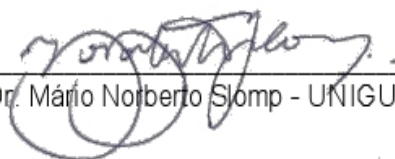
**Coorientador (a):** Prof<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup> Daniela Deitos Fries

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM ZOOTECNIA, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: PRODUÇÃO DE RUMINANTES, pela Banca Examinadora:

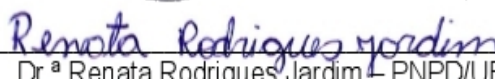


Prof. Dr. Fábio Andrade Teixeira – UESB

Orientador



Prof. Dr. Mário Norberto Slomp - UNIGUAÇU



Dr.<sup>a</sup> Renata Rodrigues Jardim – PNP/UESB

Data de realização: 01 de março de 2021.

“Nenhuma grande descoberta foi feita jamais sem um palpite ousado”

*Isaac Newton*

## DEDICATÓRIA

Primeiramente a Deus pela graça da sua presença em minha vida,

Ao meu filho Eduardo,

À minha esposa Roberta,

Ao meu pai Emiliano da Cruz,

À minha mãe Lídia Teixeira da Cruz,

As minhas irmãs Elita e Keli,

Que apesar de todas as dificuldades sempre estiveram ao meu lado;

Ajudaram-me a compreender os valores da vida e me deram educação;

Que muitas das vezes me ajudaram em me deram animo para continuar mesmo que com

gestos e palavras de conforto;

Sempre me ensinaram sobre a importância dos estudos;

Carrego todos sempre em meu coração.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus e ao Senhor Jesus Cristo pelo dom da vida e pela graça concedida em ajudar-me a cada passo, e por estarem presentes em minha vida a cada momento.

A minha esposa Roberta pelo apoio, e também pela ajuda no desenvolvimento deste trabalho, que por muitas vezes dispôs do seu tempo para ajudar-me nos trabalhos a campo. E especialmente ao meu filho que apenas com um sorriso me ensina e me traz forças a cada dia.

A toda minha família pela força, educação e pelos valores ensinados, que mesmo longe sempre me apoiaram.

À Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, UESB – Campus Itapetinga e ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, por fornecer a infraestrutura necessária para a realização desta pesquisa, e a seus profissionais, coordenadores, professores e funcionários, pela competência, dedicação e colaborações.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao meu orientador Fábio Andrade Teixeira por aceitar o desafio de me orientar, pelo tempo, incentivo e atenção que destinou a mim, pelas sugestões e ajuda na realização do experimento, e em especial por acreditar em minha ideia e me apoiar na realização deste trabalho. Sempre buscando ajudar da melhor maneira não apenas seus orientados, mas também, a todas as pessoas a seu alcance, seja com uma palavra amiga ou até mesmo em uma conversa. Com toda a convicção, são pessoas como essas que contribuem para que os pilares da educação continuem fortes e se sustentem não apenas pelo conhecimento, mas também pelos valores! Muito obrigado Professor Fábio!

Ao meu professor e amigo Mário Norberto Slomp (meu 2º pai), uma pessoa indescritível, de bom ânimo, sempre com uma palavra de incentivo, acreditando não só em mim, mas nas pessoas, e sempre incentivando a nunca desistir de um sonho. Agradeço não somente pelas palavras, mas por gestos, gestos esses que fizeram com que eu chegasse até aqui. Deus realmente coloca as pessoas certas em nossos caminhos, e o Professor Mário foi uma delas, que além de acreditar em mim, literalmente comprou a causa, me ajudou a chegar até aqui quando nem eu ou minha família tínhamos recursos pra tal feito. Agradeço também por disponibilizar as instalações da Fazenda União Paraná Bahia, bem como todo material e estrutura, para que o presente trabalho pudesse ser realizado. Foram tantas coisas, tantos incentivos, ajudas, que com toda certeza ficaram guardados em minha memória, e serei sempre grato.

Ao meu grande amigo Fernando Rossa, que é uma das principais pessoas com quem convivi desde que cheguei na Bahia, que sempre esteve disponível para uma conversa, que me ajudou com conselhos e também juntamente com sua companheira Adriane



Pereira contribuiu para que esse trabalho fosse realizado. A vocês o meu muito obrigado.

A Professora Daniela Deitos Fries, minha coorientadora e também professora, pela orientação e pelo tempo dedicado.

A Renata Jardim, Pós doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, por ajudar-me no desenvolvimento e confecção deste trabalho, por sempre estar disponível para esclarecer dúvidas e ajudar da melhor maneira, obrigado pelo tempo e pela dedicação.

Aos meus companheiros do Grupo de Produção de Forragem pela força.

Obrigado a todos os envolvidos, que de alguma forma auxiliaram e contribuíram para que o presente trabalho pudesse ser desenvolvido.

**MUITO OBRIGADO A TODOS**

**GRANDE ABRAÇO**

## BIOGRAFIA

Eliton Rubens Teixeira da Cruz, natural da cidade de Porto União, Estado de Santa Catarina, nasceu em 1995, filho de Emiliano da Cruz e Lúcia Teixeira da Cruz. Iniciou os estudos na Escola Municipal Vitória Fernandes, no Município de União da Vitória, Paraná. Em 2010, iniciou o Curso Técnico em Meio Ambiente Integrado, pelo Colégio Estadual Túlio de França, em União da Vitória, com conclusão no ano de 2013. Em 2014, pelas Faculdades Integradas do Vale do Iguaçu - UNIGUAÇU, iniciou o curso de Agronomia, concluindo o mesmo no segundo semestre do ano de 2018, em 2019 concluiu a Pós-Graduação (Especialização) em Georreferenciamento de Imóveis Rurais pela Faculdade Unyleya. Atualmente é Pós-Graduando (Mestrado) em Zootecnia com área de concentração em Produção de Ruminantes com ênfase em Forragicultura, Pastagem, Fisiologia e Genética Vegetal pela Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB. Em Março de 2021 submeteu-se a banca examinadora para defesa final da dissertação, para obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

# SUMÁRIO

	<b>Página</b>
LISTA DE FIGURAS .....	viii
LISTA DE TABELAS.....	ix
RESUMO.....	xii
ABSTRACT .....	xiii
I REFERENCIAL TEÓRICO.....	1
1.1 Introdução .....	1
1.2 Palma forrageira miúda ( <i>Nopalea cochenillifera</i> ).....	2
1.3 Palma forrageira x Adubação Nitrogenada .....	4
1.4 Gênero <i>Azospirillum</i> .....	6
1.4.1 Associação com as plantas .....	6
1.4.2 Fixação biológica de nitrogênio .....	8
1.4.3 Produção de fitormônios.....	9
1.6 Referências .....	11
II OBJETIVOS .....	17
2.1 Objetivo geral.....	17
2.2 Objetivos específicos .....	17
III MATERIAL E MÉTODOS.....	18
IV RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	26
V CONCLUSÃO .....	46
VI REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	47

## LISTA DE FIGURAS

		<b>Página</b>
<b>Figura 1.</b>	Incremento mensal do índice de área de cladódios (IAC) da palma forrageira miúda em função da adubação nitrogenada.....	27
<b>Figura 2.</b>	Incremento mensal do número de cladódios terciários (NUMC3) da palma forrageira miúda em função da adubação nitrogenada.....	27
<b>Figura 3.</b>	Incremento mensal do número de cladódios totais (NUMCTOT) da palma forrageira miúda em função da adubação nitrogenada.....	28
<b>Figura 4.</b>	Taxa de alongamento de cladódios secundários (TalongC2) da palma forrageira miúda em função da adubação nitrogenada.....	29
<b>Figura 5.</b>	Índice de área de cladódios (IAC) da palma forrageira miúda em função da adubação nitrogenada.....	30
<b>Figura 6.</b>	Comprimento de cladódios secundários (CC2) da palma forrageira miúda em função da adubação nitrogenada.....	31
<b>Figura 7.</b>	Peso total de cladódios terciários (PTOTC3) da palma forrageira miúda em função da adubação nitrogenada.....	36
<b>Figura 8.</b>	Número de cladódios terciários (NUMC3) da palma forrageira miúda em função da adubação nitrogenada.....	37
<b>Figura 9.</b>	Número total de cladódios (NUMCTOT) da palma forrageira miúda em função da adubação nitrogenada.....	37
<b>Figura 10.</b>	Teor médio de matéria seca (MS) da palma forrageira miúda em função da adubação nitrogenada.....	42

## LISTA DE TABELAS

	<b>Página</b>
<b>Tabela 1.</b> Análise química do solo.....	18
<b>Tabela 2.</b> Custos para implantação, manutenção e produção de 1 ha <sup>-1</sup> de palma forrageira miúda ( <i>Nopalea cochenillifera</i> ).....	23
<b>Tabela 3.</b> Custo do kg <sup>-1</sup> de proteína do milho.....	23
<b>Tabela 4.</b> Custos totais de manutenção e produção de um hectare para cada tratamento.....	24
<b>Tabela 5.</b> Incremento mensal do índice de área de cladódios (IAC), altura de plantas (ALTURA), número de cladódios primários (NUMC1), número de cladódios secundários (NUMC2), número de cladódios terciários (NUMC3), e número de cladódios totais (NUMCTOT) da palma forrageira em função da aplicação de <i>Azospirillum brasilense</i> e adubação nitrogenada.....	33
<b>Tabela 6.</b> Taxa de alargamento de cladódios primários (TalarC1), taxa de alargamento de cladódios secundários (TalarC2), taxa de alongamento de cladódios primários (TalonC1), taxa de alongamento de cladódios secundários (TalongC2) da palma forrageira em função da aplicação de <i>Azospirillum brasilense</i> e adubação nitrogenada.....	33
<b>Tabela 7.</b> Índice de área de cladódios (IAC) e altura de plantas (ALTURA) da palma forrageira em função da aplicação de <i>Azospirillum brasilense</i>	

	e adubação nitrogenada.....	x 34
<b>Tabela 8.</b>	Comprimento de cladódios primários (CC1), comprimento de cladódios secundários (CC2), comprimento de cladódios terciários (CC3), e comprimento total de cladódios (CTOT) da palma forrageira em função da aplicação de <i>Azospirillum brasilense</i> e adubação nitrogenada.....	34
<b>Tabela 9.</b>	Largura de cladódios primários (LC1), largura de cladódios secundários (LC2), largura de cladódios terciários (LC3), e largura total de cladódios (LTOT) da palma forrageira em função da aplicação de <i>Azospirillum brasilense</i> e adubação nitrogenada.....	35
<b>Tabela 10.</b>	Espessura de cladódios primários (ESPC1), espessura de cladódios secundários (ESPC2), espessura de cladódios terciários (ESPC3), e espessura total de cladódios (ESPTOT) da palma forrageira em função da aplicação de <i>Azospirillum brasilense</i> e adubação nitrogenada.....	35
<b>Tabela 11.</b>	Peso total de cladódios primários (PTOTC1), peso total de cladódios secundários (PTOTC2), peso total de cladódios terciários (PTOTC3), peso total de massa verde de cladódios (PTOT) e produção de matéria seca ha <sup>-1</sup> (PRODMS), da palma forrageira em função da aplicação de <i>Azospirillum brasilense</i> e adubação nitrogenada.....	39
<b>Tabela 12.</b>	Número de cladódios primários (NUMC1), número de cladódios secundários (NUMC2), número de cladódios terciários (NUMC3) e número total de cladódios (NUMCTOT) da palma forrageira em função da aplicação de <i>Azospirillum brasilense</i> e adubação nitrogenada.....	40
<b>Tabela 13.</b>	Açúcares solúveis totais (AST) e amido (AMD) dos cladódios da palma forrageira em função da aplicação de <i>Azospirillum brasilense</i> e adubação nitrogenada.....	40
<b>Tabela 14.</b>	Médias absolutas para matéria seca (MS), proteína bruta (PB), nitrogênio indigestível em detergente neutro (NIDN), nitrogênio	

indigestível em detergente ácido (NIDA), fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDNcp), fibra em detergente ácido (FDA), extrato etéreo (EE), material mineral (MM), material orgânico (MO), celulose (CEL), hemicelulose (HEM) e lignina (LIG) em função da Aplicação de <i>Azospirillum brasilense</i> e adubação nitrogenada.....	44
<b>Tabela 15.</b> Carboidratos totais (CHT), carboidratos não fibrosos (CNF), nutrientes digestíveis totais (NDT), digestibilidade estimada da matéria seca (DMS), energia digestível estimada (ED), e energia metabolizável estimada (EM) da palma forrageira em função da aplicação de <i>Azospirillum brasilense</i> e adubação nitrogenada.....	45
<b>Tabela 16.</b> Produção de matéria seca ha <sup>-1</sup> (KGMSHA), kg ha <sup>-1</sup> de proteína produzido (KGP), renda bruta total da proteína produzida (RBKGP) e renda líquida total da proteína produzida (RLKGP) em função da aplicação de <i>Azospirillum brasilense</i> e adubação nitrogenada.....	45

## RESUMO

CRUZ, Eliton Rubens Teixeira da. **Palma forrageira inoculada com *Azospirillum brasilense* e submetida à adubação nitrogenada**. Itapetinga, BA: UESB, 2021. 52 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia, Área de Concentração em Produção de Ruminantes).\*

Objetivou-se com esse trabalho avaliar o efeito da inoculação com *Azospirillum brasilense* e níveis de adubação nitrogenada sobre o desenvolvimento, produtividade e composição bromatológica da palma forrageira miúda (*Nopalea cochenilifera*). O experimento foi realizado na Fazenda União Paraná Bahia VI, localizada no município do Encruzilhada, região Sudoeste do estado da Bahia, no período de abril de 2019 a abril de 2020. O experimento foi conduzido em um fatorial 2x4, em um delineamento de blocos ao acaso (DBC) com trinta e duas parcelas de dimensões 8x4 m e dimensões úteis de 6x3 m com oito tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos consistiram na ausência ou presença da inoculação com *Azospirillum brasilense* e níveis de adubação nitrogenada (0, 50, 100 e 150 kg<sup>-1</sup> de N ha<sup>-1</sup>). As variáveis índice de área de cladódios, altura, comprimento de cladódios primários, secundários e totais, largura de cladódios secundários, terciários e totais, número de cladódios secundários, terciários e totais, taxa de alargamento dos cladódios secundários, taxa de alongamento dos cladódios primários e secundários, peso total para cladódios de todas as ordens, peso total de cladódios ha<sup>-1</sup> e produção de matéria seca apresentaram melhores respostas quando a palma forrageira foi inoculada com *A. brasilense*. Houve efeito significativo da utilização do inoculante para os níveis de açúcares solúveis totais e amido, onde os menores valores foram verificados nos tratamentos submetidos ao uso da bactéria. Não houve diferença significativa nas características bromatológicas e espessura dos cladódios, considerando a utilização do inoculante e níveis de adubação nitrogenada. Houve efeito quadrático para o teor de matéria seca, peso dos cladódios terciários, número de cladódios terciários e totais e para taxa de alongamento dos cladódios secundários de palma forrageira miúda quando submetida a níveis de adubação nitrogenada. Houve efeito linear crescente para índice de área de cladódios quando utilizada adubação nitrogenada. As variáveis produção de matéria seca (ProdMS), kg de proteína produzido (KgP), renda bruta total da proteína produzida (RB) e renda líquida total da proteína produzida foram influenciadas pelo fator inoculação, sendo as melhores respostas observadas quando se utilizou a inoculação, que proporcionou menores custos e maiores rendimentos. A utilização de *A. brasilense* contribuiu positivamente para o desenvolvimento e produtividade da palma forrageira miúda, com redução dos custos de produção e aumento dos rendimentos, trazendo maior retorno econômico. A utilização de adubação nitrogenada não promoveu efeitos significativos sobre a produtividade da cultura nas doses utilizadas.

**Palavras-chave:** bactéria diazotrófica, desempenho produtivo, fixação biológica de nitrogênio, fitormônios

---

\*Orientador: Fábio Andrade Teixeira, D.Sc., UESB e Co-orientador: Daniela Deitos Fries, D.Sc., UESB



## ABSTRACT

CRUZ, Eliton Rubens Teixeira da. **Forage palm inoculated with *Azospirillum brasilense* and submitted to nitrogen fertilization**. Itapetinga, BA: UESB, 2021. 52 p. Dissertation (Master in Animal Science, Area of Concentration in Ruminant Production).\*

The objective of this work was to evaluate the effect of inoculation with *Azospirillum brasilense* and nitrogen fertilization levels on the development, productivity and chemical composition of the small forage palm (*Nopalea cochenilifera*). The experiment was carried out at Fazenda União Paraná Bahia VI, located in Encruzilhada, Southwest region of the state of Bahia, from April 2019 to April 2020. The experiment was conducted in a 2x4 factorial, in a delineation of randomized blocks (DBC) with thirty-two plots of dimensions 8x4 m and useful dimensions of 6x3 m with eight treatments and four replications. The treatments consisted of the absence or presence of inoculation with *Azospirillum brasilense* and levels of nitrogen fertilization (0, 50, 100 and 150 kg<sup>-1</sup> of N ha<sup>-1</sup>). The variables cladode area index, height, length of primary, secondary and total cladodes, width of secondary, tertiary and total cladodes, number of secondary, tertiary and total cladodes, enlargement rate of secondary cladodes, elongation rate of primary cladodes and secondary, total weight for cladodes of all orders, total weight of cladodes ha<sup>-1</sup> and dry matter production showed better responses when the forage palm was inoculated with *A. brasilense*. There was a significant effect of the use of the inoculant for the levels of total soluble sugars and starch, where the lowest values were verified in the treatments submitted to the use of the bacteria. There was no significant difference in the bromatological characteristics and thickness of the cladodes, considering the use of the inoculant and nitrogen fertilization levels. There was a quadratic effect for the dry matter content, weight of the tertiary cladodes, number of tertiary and total cladodes and for the elongation rate of the secondary cladodes of small forage palm when submitted to nitrogen fertilization levels. There was a linear increase for the cladode area index when nitrogen fertilization was used. The variables dry matter production (ProdMS), kg of protein produced (KgP), total gross income of the protein produced (RB) and total net income of the protein produced were influenced by the inoculation factor, with the best responses observed when using inoculation, which provided lower costs and higher yields. The use of *A. brasilense* contributes positively to the development and productivity of the small forage palm, with a reduction in production costs and an increase in yields, bringing greater economic return. The use of nitrogen fertilization did not promote significant effects on the productivity of the crop in the doses used.

**Key words:** diazotrophic bacteria, productive performance, biological nitrogen fixation, phytohormones

---

\*Advisor: Fábio Andrade Teixeira, D.Sc., UESB e Co-orientador: Daniela Deitos Fries, D.Sc., UESB

# I REFERENCIAL TEÓRICO

## 1.1 Introdução

O Brasil atualmente é o maior exportador e segundo maior produtor de carne bovina do mundo (ABIEC, 2020). Sabe-se que o maior montante do valor gasto com a produção de bovinos de corte é proveniente da alimentação, sendo o pasto a forma de alimento mais barata para se produzir carne.

Contudo, o crescimento do pasto no semiárido brasileiro é limitado pela baixa disponibilidade hídrica da região, o que faz com que a produção da pastagem não atenda o volume de alimento necessário para o rebanho durante a seca, impactando diretamente sobre os índices zootécnicos, sendo necessária uma alternativa para atender essa demanda por alimento.

A palma forrageira é uma alternativa para cultivo em regiões mais secas, pois a planta consegue produzir mesmo em situação de restrição hídrica, além de possuir rusticidade e uma alta capacidade de produzir forragem (Silva et al., 2014).

Maior produtividade da palma forrageira pode ser alcançada quando a cultura é submetida a adubação nitrogenada, fato que pode ser justificado pelo aumento na emissão de cladódios, o que por sua vez reflete diretamente na produção (Araújo & Machado, 2006). Cunha et al. (2012) apontam o nitrogênio como o responsável pelo aumento do acúmulo de biomassa, e também maior quantidade de cladódios da palma forrageira miúda (*Nopalea chenillifera*).

Entretanto, com a crescente demanda por fertilizantes nitrogenados, tem se buscado uma alternativa para se reduzir custos e suprir as demandas de nitrogênio das plantas, o que pode ser conseguido com o uso de bactérias promotoras de crescimento, que fixam biologicamente o nitrogênio atmosférico, disponibilizando-o para a cultura com a qual está associada. Além da fixação biológica de nitrogênio essas bactérias podem estimular o crescimento das plantas aumentando sua produção, através da liberação de fitormônios (Hungria, 2011).

Dentre as bactérias promotoras de crescimento tem-se o *Azospirillum brasilense*, que vem trazendo resultados positivos no cenário agropecuário, sendo utilizado na

cultura do milho, trigo e pastagens, aumentando a produtividade entre valores de 20 a 30% e reduzindo custos de produção dessas culturas (Hungria, 2011 & Basi, 2013).

Contudo na literatura não existem trabalhos disponíveis que comprovem que bactérias promotoras de crescimento (BPCP) podem promover benefícios quando associadas a palma forrageira miúda, tornando necessária a realização de pesquisas que avaliem a palma inoculada com (BPCP) para comprovar essa hipótese.

De acordo com o exposto, o presente estudo tem por finalidade avaliar a influência da utilização da bactéria fixadora de nitrogênio e promotora de crescimento *Azospirillum brasilense* e diferentes doses de adubação nitrogenada sobre a produtividade e composição bromatológica da palma forrageira miúda (*Nopalea cochenillifera*).

## 1.2 Palma forrageira miúda (*Nopalea cochenillifera*)

A palma forrageira miúda é uma planta originária do México, que pertencem à divisão Embryophyta, subdivisão Angiospermea, classe Dicotyledoneae, subclasse Archiclamideae, ordem Opuntiales, família Cactaceae, gênero Opuntia, espécie *Nopalea cochinilifera* Salm Dyck, e apresentam uma boa adaptação a regiões secas de diversos lugares do mundo (Stintzing; Carle, 2005; Souza et al., 2017). A data de introdução da cultura no Brasil não é bem definida, entretanto, estima-se que ocorreu por volta de 1880, através de cladódios vindos do Texas nos Estados Unidos, que foram introduzidas no Nordeste a partir do Estado de Pernambuco (Pupo, 1979).

A palma forrageira miúda (*Nopalea cochenillifera*) está entre as espécies predominantes no Nordeste brasileiro, que juntamente com outras plantas de metabolismo ácido das crassuláceas (CAM) são facilmente encontradas na região (Souza, 2015).

É uma planta de pequeno porte, apresenta caule bastante ramificado, possui cladódios com medidas que podem chegar a aproximadamente 25 cm de comprimento, pesando cerca de 350 g, com forma ovalada, assemelhando-se a uma raquete com uma coloração verde brilhante, não tolera umidade excessiva, em solos profundos apresenta uma notável capacidade de extração de água (Lopes et al., 2012).

A palma apresenta metabolismo CAM, abrindo seus estômatos a noite para captar CO<sub>2</sub> e armazená-lo na forma de malato dentro de seus vacúolos, isso faz com que ocorra o aumento da eficiência no uso da água. Possui cutícula impermeável e um

menor número de estômatos, proporcionando a capacidade de suportar longos períodos de seca sob temperaturas elevadas, sendo que durante os processos metabólicos perdem de 50 a 100 g de água para cada grama de CO<sub>2</sub> fixado, possuindo vantagens sobre as plantas C<sub>3</sub> e C<sub>4</sub> que perdem de 400 a 500 g e 250 a 300 g, respectivamente (Taiz & Zeiger, 2017).

A palma forrageira produz valores anuais entre 150 ton ha<sup>-1</sup> e 600 ton ha<sup>-1</sup> de matéria verde, sendo a produção dependente do manejo adotado, como controle de plantas daninhas, controle de pragas e doenças, principalmente da adubação, sendo a cultura altamente responsiva a boa fertilidade do solo (Almeida, 2012; Cunha et al., 2008; Souza et al., 2017).

A forrageira é uma cultura relativamente exigente no quesito físico – químico do solo, sendo mais recomendados para o seu cultivo os solos argilo – arenosos, ou seja, de textura média, que devem possuir boa fertilidade e boa drenagem, não sendo suscetível a alagamento, uma vez que a cultura não tolera tal situação (Lopes et al., 2012; Rocha, 2012).

Os nutrientes mais extraídos pela cultura da palma forrageira são N, P, K, Ca e Mg (Quintanar et al., 2006). Sendo a planta de palma forrageira muito exigente em cálcio, chegando a extrair cerca de 23,5 kg do solo para cada tonelada de matéria seca produzida (Dubeux Junior e Santos, 2005).

A cultura se destaca por possuir boas qualidades nutricionais, como altos teores de carboidratos totais, material mineral e uma alta quantidade de água, podendo ser um excelente recurso para alimentação animal (Silva et al., 2014).

Lima et al, (2015), apontam a palma forrageira como uma importante ferramenta para independência dos produtores na aquisição de concentrados, utilizando a forrageira em substituição ao milho, e não apenas utilizando para períodos de estiagem e sim compondo dietas durante todo o ano.

Apesar do baixo teor de proteína, que se encontram entre 4% e 9%, a palma forrageira pode apresentar teores de carboidratos não fibrosos entre 20% e 30% e carboidratos totais superiores a 65%, além de apresentar valores entorno de 70% de nutrientes digestíveis totais, o que demonstra o excelente valor nutricional da mesma (Batista et al. 2003, Batista et al. 2009, Donato, 2011; Donato et al. 2014, Dubeux Júnior et al., 2010; Teles et al. 2004).

### 1.3 Palma forrageira x Adubação Nitrogenada

O nitrogênio é o principal macronutriente absorvido pelas plantas cultivadas. O nutriente está presente em várias moléculas na planta que são essências para a vida, tendo destaque os aminoácidos, ácidos nucleicos, hormônios e clorofilas, sendo a concentração do nitrogênio nas folhas irá influenciar diretamente na eficiência fotossintética das plantas, e conseqüentemente na quantidade de fotoassimilados produzidos (Taiz & Zeiger, 2017).

Atuando diretamente no processo de fotossíntese, é responsável pelo crescimento da planta, pela produção de novas células e tecidos, fazendo com que plantas com déficit de nitrogênio apresentem cladódios de coloração verde pálida ou amarelada, no caso palma forrageira, e nas folhas para demais forrageiras, devida a falta de clorofila (Halkesford, 2012).

Os solos da região semiárida geralmente são pobres em matéria orgânica, o que por sua vez pode afetar o fornecimento de nitrogênio para planta, requerendo aplicações do fertilizante para as culturas, objetivando melhores produções (Cunha et al., 2012).

A palma forrageira é considerada uma importante opção para se fornecer alimentação animal na região semiárida, pois consegue atingir altas produtividades de massa forrageira por unidade de área, chegando a produzir 600 toneladas de massa verde, o que justifica o emprego da adubação, principalmente de adubação nitrogenada (Teles et al., 2004 & Dubeux Junior et al., 2010).

Com doses crescentes de adubação nitrogenada, pode-se observar um aumento no número de cladódios e na produção de matéria seca da palma forrageira (Teles et al., 2004; Dubeux Junior et al., 2010; Marques et al., 2017). Silva et al. (2012), concluíram em sua pesquisa que doses de 200 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio aliada a 50 kg ha<sup>-1</sup> de fósforo, promoveram um aumento da produção em 37% da palma.

Rego et al. (2014), confirmam em seu trabalho o incremento na altura, número de cladódios, área de cladódios e produção de matéria seca da palma forrageira submetida a adubação nitrogenada nas doses de 200 kg ha<sup>-1</sup> e adubação orgânica. Considerando a composição mineral da palma, é constatada uma elevada extração de nutrientes do solo, enfatizando a importância de repô-los na solução do solo, com destaque para o nitrogênio, fósforo e enxofre, que acarretaram no aumento do teor de proteína, além de aumentar a produtividade da planta (Teles, et al., 2002).

Dubeux Júnior et al. (2006), testando diferentes doses de adubação nitrogenada, sendo as mesmas 0, 75, 150, 225 e 300 kg ha<sup>-1</sup> ano de nitrogênio, juntamente com doses de 0 e 33 kg ha<sup>-1</sup> ano de fósforo, e populações variando entre 5.000 e 40.000 plantas ha<sup>-1</sup>, concluíram que as parcelas com maior densidade adubadas com N nas doses de 225 e 300 kg ha<sup>-1</sup> e P foram as que mais produziram cladódios. Quando aplicado em solos corrigidos o N induz o crescimento, além de acelerar o metabolismo da planta, acarretando em uma maior absorção dos demais nutrientes (Prado, 2008; Souza et al., 2017).

Segundo os pesquisadores Souza et al. (2017), com o aumento da densidade de plantas de palma por hectare se faz necessária maior quantidade de adubo nitrogenado, pois mesmo com doses crescentes de N variando entre 0 e 600 kg N ha<sup>-1</sup> ano, os mesmos observaram que nas densidades menores a quantidade de N na planta foi maior, reiterando a importância da adubação nitrogenada no cultivo da palma forrageira, e a resposta da planta a adubação nitrogenada.

Os aspectos produtivos da palma forrageira tendem a ser mais elevados quando a planta é submetida a adubação nitrogenada, obtendo um maior número de cladódios e maior volume de matéria verde por ha<sup>-1</sup> quando submetida a aplicação de N (Cunha, et al., 2012).

A adubação nitrogenada pode também melhorar os aspectos nutricionais das plantas forrageiras, como aumento do teor de proteínas, e redução no teor de carboidratos fibrosos (Costa et al., 2014).

Possíveis aumentos no teor de nitrogênio nos cladódios, e conseqüentemente de proteína, são observados quando a cultura da palma forrageira é submetida a aplicação de fertilizante nitrogenado, na dose de 200 kg ha<sup>-1</sup>, podendo elevar a qualidade da forragem produzida, sendo doses menores não apresentando efeitos significativos (Silva et al., 2012).

Como também é descrito por Silva et al. (2016), a adubação nitrogenada pode aumentar a concentração de nitrogênio nos cladódios, principalmente quando se trabalha com cultivos menos adensados.

Almeida, Peixoto & Ledo (2012), relatam que a prática da adubação nitrogenada em palma garante um aumento significativo de produtividade, independentemente do cultivar, evidenciando respostas positivas para a adubação nitrogenada em conjunto com demais nutrientes.

## 1.4 Gênero *Azospirillum*

O *Azospirillum* foi obtido pela primeira vez em terras holandesas em um solo com pouco nitrogênio e com textura arenosa, ficando estagnado por um período de tempo sem ser utilizado, até o momento em que surgiram pesquisas sobre o desenvolvimento de gramíneas associadas a bactéria, sem apresentar deficiência de nitrogênio (Holguin; Patten; Glick, 1999).

O gênero *Azospirillum* é composto por bactérias gram-negativas, diazotróficas, que apresentam forma espiralar e de bastonete com flagelos curtos (comumente uni flagelados) para locomoção, proliferam-se em ambientes microaerófilos, com a presença ou ausência de N<sup>2</sup> (Okon & Lacerda-Gonzales, 1994).

As bactérias do gênero *Azospirillum* são organismos de vida livre, considerados promotores de crescimento das plantas, capazes de fixar o nitrogênio atmosférico em uma forma aproveitável para os vegetais, esses organismos podem viver de maneira associada à rizosfera das plantas interna ou externamente (Okon & Lacerda-Gonzales, 1994).

A espécie *Azospirillum brasilense* foi classificada por Tarrand, et al. (1978), demonstrando resultados de pesquisa sobre a sua influência positiva e também sobre a produção e crescimento de inúmeras plantas, das quais muitas são de importância agrônômica e ecológica (Bashan & Holguin, 1997; Bashan; Holguin; Bashan, 2004).

O *Azospirillum brasilense* realiza a fixação de nitrogênio e também a secreção de fitormônios, que interferem no desenvolvimento da planta, agindo principalmente sobre o sistema radicular, fazendo com que a mesma possua uma maior capacidade de absorção de nutrientes, sendo o resultado melhor desenvolvimento do organismo vegetal, o conjunto entre os fatores (Bashan & Levanony, 1990; Okon & Itzigsohn, 1995).

### 1.4.1 Associação com as plantas

As bactérias do gênero *Azospirillum* podem colonizar plantas hospedeiras de maneira endofítica ou externamente. Quando a colonização é externa, a bactéria se encontra na rizosfera da planta na superfície da raiz, e estando presente no interior do

vegetal, as bactérias tendem a formar pequenos agregados, localizados entre as células da planta hospedeira (Bashan & Levanony, 1990).

A fixação da bactéria nas raízes das plantas pode ocorrer em um processo composto por duas etapas, denominadas adsorção e ancoragem (Bashan & Holguin, 1997). A fase de adsorção é considerada rápida e fraca, uma vez que as bactérias podem entrar em contato com a raiz em no máximo duas horas de exposição, sendo esse processo reversível e regulado por compostos proteicos bacterianos, como a adesina presente no *A. brasilense*, a segunda fase, de ancoragem, é considerada forte levando horas para se formar, tornando-se irreversível, onde polissacarídeos extracelulares da bactéria formam uma rede fibrilar conectando a mesma a raiz da planta, evitando a remoção do local (Bashan & Holguin, 1997; Egorenkova et al., 2000).

O processo de infecção se inicia com a atração das bactérias em direção ao hospedeiro, essa atração ocorre por atrativos químicos como a betaína e isoflavonóides produzidos por parte da planta, que são secretadas pelo sistema radicular (Taiz & Zeiger, 2017).

Esses micro-organismos desempenham papel de fixadores de nitrogênio e produtores de fito hormônios, auxiliando no desenvolvimento da planta (Bashan e Levanony, 1990; Okon e Itzigsohn, 1995; Hungria, 2011).

Diferente dos nódulos produzidos pelas bactérias do gênero *Rhizobium*, o *Azospirillum* não forma uma estrutura nodular característica no sistema radicular da planta (Bashan & Holguin, 1997). Com o auxílio de microscopia de varredura, foram detectadas células individuais no sistema radicular de trigo inoculado com *Azospirillum*, permitindo a quantificação precisa das células bacterianas em diferentes partes da rizosfera (Bashan; Holguin; Bashan, 2004).

Cepas de *A. brasilense* inoculadas em trigo apresentaram desenvolvimento endofítico, segundo Kennedy et al. (1998), habitando o interior do sistema radicular da planta no meio intercelular sem danificá-la (Taiz & Zeiger, 2017).

Essas bactérias podem ser classificadas associativas ou endofíticas facultativas onde conseguem sobreviver com a presença ou ausência do organismo hospedeiro, diferente de microrganismos endofíticos obrigatórios que necessitam obrigatoriamente de um hospedeiro para a sobreviver, o *Azospirillum* pode se fixar em diversas plantas, apresentado distintos graus de relação, como organismos diazotróficos e secretadores de fitormônios (Hungria et al., 2007).



### 1.4.2 Fixação biológica de nitrogênio

O processo de fixação biológica de nitrogênio em plantas que não possuem a capacidade de realizar simbiose com bactérias do gênero *Rhizobium*, poderá ser realizado a partir de bactérias diazotróficas do gênero *Azospirillum*, organismos esses que no atual cenário agropecuário demonstram-se promissores (Taiz & Zeiger, 2017).

Pesquisadores tem procurado algum jeito de melhorar a associatividade do *Azospirillum spp.* como fixadores de nitrogênio para melhorar o fornecimento do nutriente para a cultura inoculada, uma vez que o fornecimento do nitrogênio fixado para a planta resulta no crescimento da mesma (Holguin; Patten; Glick, 1999).

Cepas de *A. brasilense* tem se demonstrado mais eficientes na fixação biológica apresentando uma maior expressão da enzima nitrogenase, quando comparada com linhagens selvagens, proporcionando uma maior taxa de fixação de  $N_2$  (Gerk; Gilchrist; Kennedy, 2000; Bashan; Holguin; Bashan, 2004).

Quantidades demasiadas de oxigênio são um fator limitante para expressão da enzima nitrogenase (Marchal & Vanderleyden, 2000; Bashan; Holguin; Bashan, 2004; Taiz & Zeiger, 2017). A fixação de nitrogênio pela enzima nitrogenase só ocorre em meio anaeróbico, sendo oxigênio um forte acceptor de elétrons, podendo danificar e inativar irreversivelmente essa enzima, devido a isso, a bactéria busca um meio com pouco oxigênio para se desenvolver, habitando a rizosfera devido à alta relação carbono nitrogênio, proporcionando um ambiente com pouco oxigênio, atraindo esses microrganismos (Taiz & Zeiger, 2017).

A enzima nitrogenase, responsável pela fixação de nitrogênio, pode ser dividida em dois complexos, a Fe – proteína e a MoFe – proteína. A Fe – proteína age na hidrólise de ATP, reduzindo a MoFe – proteína, que pode reagir com o  $N_2$  e  $H^+$  produzindo duas moléculas de  $NH_3$  e  $2 H^+$ . A amônia produzida é posteriormente protonada formando amônio ou é oxidada formando o nitrato, para ser assimilada pela planta (Taiz & Zeiger, 2017).

Incrementos na produtividade de grãos foram identificados, fazendo com que a inoculação com *A. brasilense* apresentasse um rendimento médio de grãos superior quando comparado com o controle sem adubação e sem inoculação, apresentando valores maiores na quantidade de 26% para a produção de milho e 31% para a produção de trigo (Hungria, 2011).

Andrade et al. (2018), identificou incremento na produtividade e um melhor aproveitamento de nutrientes em *P. maximum* cv. BRS Tamani, quando comparando com o controle, sem inoculação. Maiores produções de *Brachiaria decumbens* foram alcançadas com a inoculação de *A. brasilense* aliadas a uma adubação de 100 kg N ha<sup>-1</sup>, se sobressaindo-se quando comparada com parcelas sem inoculação (Fernandes, 2016).

A inoculação com *A. brasilense* tem se mostrado eficiente no crescimento vegetal, ocupando a rizosfera dos vegetais, estimulando o crescimento, otimizando os rendimentos e proporcionando a fixação de concentrações de nitrogênio variáveis com média de 40 kg ha<sup>-1</sup> ano, que é capaz de substituir parte da adubação nitrogenada para diversas plantas de interesse agropecuário (Hartmann & Baldini, 2006; Hungria, 2011).

Essas bactérias podem ser utilizadas como uma alternativa para fornecer nitrogênio para a palma forrageira e prover o seu crescimento, entretanto nenhum trabalho abordou o referido assunto (Freitas et al., 2015). Entretanto, com o objetivo de caracterizar isolados bacterianos em palma forrageira gigante e miúda (*Opuntia spp.* e *Nopalea spp.*), usando um gene parcial, Silva et al. (2015), conseguiu isolar doze gêneros de bactérias, dentre eles o gênero *Azospirillum*.

#### 1.4.3 Produção de fitormônios

O gênero *Azospirillum* faz parte das bactérias promotoras de crescimento, sendo capaz de liberar fitormônios como auxina, giberelina, citocinina, que desempenham um papel importante no estímulo do desenvolvimento da planta e crescimento das raízes (Thuler et al., 2003; Santi; Bogusz; Franche, 2013).

Estudos comprovam que bactérias do gênero *Azospirillum* são capazes de realizar a produção auxina (ácido indol acético), sendo que a maior quantidade do hormônio foi produzida por cepas de *A. brasilense* (Thuler et al., 2003; Bashan; Holguin; Bashan, 2004). As auxinas foram os primeiros hormônios de crescimento estudados nas plantas, sendo responsáveis por uma série funções, como divisão celular e diferenciação vascular, impactando diretamente no desenvolvimento vegetal (Lin et al., 2012; Taiz & Zeiger, 2017).

O gênero *Azospirillum* também é capaz de produzir giberelina e citocinina que agem sobre a planta influenciando no aumento da densidade de raízes, e na divisão celular, promovendo o crescimento e desenvolvimento da mesma (Tien et al., 1979; Taiz e Zeiger, 2017).

Os fitormônios produzidos pelas bactérias promovem o desenvolvimento do sistema radicular, resultando na ramificação e alongamento da raiz, que irá auxiliar no desenvolvimento da planta, aumentando a capacidade de absorção de água e nutrientes (Steenhoudt & Vanderleyden, 2000; Santi; Sogusz; Franche, 2013).

Silva et al. (2014) relatam que as bactérias diazotróficas encontradas na palma, dentre elas o *Azospirillum spp.*, possuem grande eficiência na promoção do crescimento vegetal produzindo hormônios, com um destaque para a produção de auxina.

## 1.6 Referências

- ABIEC – Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes. 2020. Disponível em: < [http:// http://abiec.com.br/](http://http://abiec.com.br/)> acesso em 30/09/2020.
- ALMEIDA, J.; PEIXOTO, C. P.; LEDO, C. A. S. Desempenho vegetativo e produtivo da palma forrageira. **Enciclopédia Biosféra**, S. L, v. 8, n. 15, p.571-581, 2012.
- ALMEIDA, R. F. Palma forrageira na alimentação de ovinos e caprinos no semiárido brasileiro. **Revista Verde**, Mossoró, v. 7, n. 4, p. 08-14, 2012.
- ANDRADE, R. A., PORTO, M. O., CAVALI, J., FERREIRA, E., BERGAMIN, A. C., SOUZA, F. R. D., & AGUIAR, I. S. D. *Azospirillum brasilense* e fosfato natural reativo no estabelecimento de forrageira tropical. **Revista de Ciência Agrárias**, [s.l.], v. 1, n. 42, p.146-154, 2018.
- ARAÚJO, A. P.; MACHADO, C. T. T. Fósforo. In: Fernandes, M.S. (Ed.). Nutrição mineral de plantas. **Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo**, p.253-280. 2006.
- BASHAN, Y.; HOLGUIN, G. *Azospirillum* – plant relationships: environmental and physiological advances (1990–1996). **Canadian Journal Of Microbiology**, [s.l.], v. 43, n. 2, p.103-121, fev. 1997.
- BASHAN, Y.; HOLGUIN, G.; BASHAN, L. E. *Azospirillum*-plant relationships: physiological, molecular, agricultural, and environmental advances (1997-2003). **Canadian Journal Of Microbiology**, [s.l.], v. 50, n. 8, p.521-577, ago. 2004.
- BASHAN, Y.; LEVANONY, H. Current status of *Azospirillum* inoculation technology: *Azospirillum* as a challenge for agriculture. **Canadian Journal Of Microbiology**, [s.l.], v. 36, n. 9, p.591-608, set. 1990.
- BASI, S. **Associação de *Azospirillum brasilense* e de nitrogênio em cobertura na cultura do milho**.2012. 63 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Universidade Estadual do Centro Oeste, Guarapuava, 2013.
- BATISTA, Â. M., RIBEIRONETO, A. C., LUCENA, R. B., SANTOS, D. C., DUBEUX JR, J., & MUSTAFA, A. F. Chemical Composition and Ruminal Degradability of Spineless Cactus Grown in Northeastern Brazil. **Rangeland Ecology & Management**, [s.l.], v. 62, n. 3, p.297-301, maio 2009.
- BATISTA, A. M. V.; MUSTAFA, A. F.; MCALLISTER, T.; WANG, Y.; SOITA, H.; MCKINNON, J. Effects of variety on chemical composition, in situ nutrient disappearance and in vitro gas production of spineless cactus. **Journal Science and Food Agriculture**. v.83, n.3, p.440-445, 2003.

COSTA, N.R.; ANDREOTTI, M.; LOPES, K.S.M.; SANTOS, F.G.; PARIZ, C.M. Adubação nitrogenada em capins do gênero *Urochloa* implantados em consórcio com a cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.9, n.3, p.376-383, 2014.

CUNHA, D. D. N. F. V. D., GOMES, E. D. S., MARTUSCELLO, J. A., AMORIM, P. L. D., SILVA, R. C., & FERREIRA, P. S. Morfometria e acúmulo de biomassa em palma forrageira sob doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, [s.l.], v. 13, n. 4, p.1156-1165, dez. 2012.

CUNHA, F. F.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C.; SEDIYAMA, G. C.; PEREIRA, O. G.; ABREU, F. V. S. Produtividade do capim tanzânia em diferentes níveis e frequências de irrigação. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 30, n. 1, p. 103-108, 2008.

DONATO, P. E. R., PIRES, A. J. V., DONATO, S. L. R., DA SILVA, J. A., & DE AQUINO, A. A. Valor nutritivo da palma forrageira 'gigante' cultivada sob diferentes espaçamentos e doses de esterco bovino. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 27, n. 1, p.169-172, 2014.

DONATO, P. E. R. Avaliação bromatológica, morfológica, nutricional e de rendimento em palma forrageira sob diferentes espaçamentos e doses de esterco bovino. Itapetinga: Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 2011. 134p. **Tese Doutorado**.

DUBEUX JUNIOR, J.C.B.; SANTOS, M.V.F. Exigências nutricionais da palma forrageira. In: Menezes, R. S. C; Simões, D. A.; Sampaio, E V. S. B. (Eds.). **A palma no Nordeste do Brasil, conhecimento atual e novas perspectivas de uso**. 1. ed. Recife: Editora da UFPE, p.105-128, 2005.

DUBEUX JÚNIOR, J. C., DE ARAÚJO FILHO, J. T., DOS SANTOS, M. V., LIRA, M. D. A., DOS SANTOS, D. C., & PESSOA, R. A. Adubação mineral no crescimento e composição mineral da palma forrageira –Clone IPA-201. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias - Brazilian Journal Of Agricultural Sciences**, [s.l.], v. 5, n. 1, p.129-135, 9 mar. 2010.

DUBEUX JR, J. C. B., DOS SANTOS, M. F., DE ANDRADE LIRA, M., DOS SANTOS, D. C., FARIAS, I., LIMA, L. E., & FERREIRA, R. L. C. Productivity of *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller under different N and P fertilization and plant population in north-east Brazil. **Journal Of Arid Environments**, [s.l.], v. 67, n. 3, p.357-372, nov. 2006.

EGORENKOVA, IV, KONNOVA, SA, SKVORTSOV, IM, & IGNATOV, VV. Investigation of the initial stages of interaction of the bacterium *Azospirillum brasilense* with wheat seedling roots: Adsorption and root hair deformation. **Microbiology**, [s.l.], v. 69, n. 1, p.103-108, jan. 2000.

FERNANDES, J. S. *Azospirillum brasilense* e adubação nitrogenada na *Brachiaria decumbens*. 2016. 49 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2016.

FREITAS, A. D. S., SAMPAIO, E. V. S. B., SANTOS, C. E. R. S., SILVA, A. F., & SOUZA, R. J. C. Fixação biológica de nitrogênio no Semiárido Brasileiro. **Revista Brasileira de Geografia e Física**, S. L., v. 8, n. 1, p.585-597, 2015.

GERK, L. P.; GILCHRIST, K.; KENNEDY, I. R. Mutants with Enhanced Nitrogenase Activity in Hydroponic *Azospirillum brasilense*-Wheat Associations. **Applied And Environmental Microbiology**, [s.l.], v. 66, n. 5, p.2175-2184, 1 maio 2000.

HARTMANN, A; BALDINI, J.I. **The genus Azospirillum**. In: DWORKIN, M. (eds.) *The Prokaryotes*. New York: Springer, 2006, p.115-140.

HAWKESFORD, M., HORST, W., KICHEY, T., LAMBERS, H., SCHJOERRING, J., MØLLER, IS, & WHITE, P. Functions of Macronutrients. **Marschner's Mineral Nutrition Of Higher Plants**, p.135-189, 2012.

HOLGUIN, G.; PATTEN, C. L.; GLICK, B. R. Genetics and molecular biology of *Azospirillum*. **Biology And Fertility Of Soils**, [s.l.], v. 29, n. 1, p.10-23, 7 abr. 1999.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R.J.; MENDES, I.C. **A importância do processo de fixação biológica do nitrogênio para a cultura da soja**: componente essencial para a competitividade do produto brasileiro. Londrina: Embrapa, 2007. 80p.

HUNGRIA, M. **Documento 325**: Inoculação com *Azospirillum brasilense*: inovação em rendimento a baixo custo. Londrina: Embrapa, 2011. 36 p.

KENNEDY, I. R., KATUPITIYA, S., YU, D., GILCHRIST, K., DEAKER, R., PEREG-GERK, L., & WOOD, C. Prospects for facilitated evolution of effective N 2-fixing associations with cereals: comparative performance of *Azospirillum brasilense* Sp7-S with various free-living diazotrophs in para-nodulated wheat. **In: Nitrogen Fixation with Non-Legumes**. Springer, Dordrecht, p. 109-124, 1998.

LIMA, G.F.C.; WANDERLEY, A.M.; GUEDES, F.X.; REGO, M.M.T.; DANTAS, F.D.G.; SILVA, J.G.M.; NOVAES, L.P.; AGUIAR, E.M. Palma Forrageira irrigada e adensada: uma reserva Forrageira estratégica para o Semiárido Potiguar. **EMPARN. Parnamirim, Rio Grande do Norte, Brasil**, 2015.

LIN, L., LI, Z., HU, C., ZHANG, X., CHANG, S., YANG, L., & AN, Q. Plant Growth-Promoting Nitrogen-Fixing Enterobacteria Are in Association with Sugarcane Plants Growing in Guangxi, China. **Microbes And Environments**, [s.l.], v. 27, n. 4, p.391-398, 2012.

LOPES, E. D., BRITO, C. D., GUEDES, C., SANTOS, D. D., Araújo, E., BATISTA, J. D. L., ... & CAVALCANTI, V. **Palma Forrageira**: Cultivo, uso atual e perspectivas de utilização no semiárido nordestino. João Pessoa: Emepa, 2012. 256 p.

MARCHAL, K.; VANDERLEYDEN, J. The. **Biology And Fertility Of Soils**, [s.l.], v. 30, n. 5-6, p.363-373, 3 mar. 2000.

MARQUES, O. F. C., DE PAULA GOMES, L. S., MOURTHÉ, M. H. F., DOS SANTOS BRAZ, T. G., & NETO, O. D. S. P. Palma forrageira: cultivo e utilização na

alimentação de bovinos. **Caderno de Ciências Agrárias**, [s.l.], v. 9, n. 1, p.75-93, 2017.

OKON, Y.; ITZIGSOHN, R. The development of *Azospirillum* as a commercial inoculant for improving crop yields. **Biotechnology Advances**, [s.l.], v. 13, n. 3, p.415-424, jan. 1995.

OKON, Y.; LACERDA-GONZALES, C. A. Agronomic applications of *Azospirillum*: An evaluation of 20 years worldwide field inoculation. **Soil Biology And Biochemistry**, [s.l.], v. 26, n. 12, p.1591-1601, dez. 1994.

PRADO, R M. **Manual de nutrição de plantas forrageiras**. Jaboticabal: Funep, 2008. 500 p.

PUPPO, N.I.H. **Manual de pastagens e forrageiras**. Campinas: Instituto campineiro de ensino agrícola, 1979. 343p.

REGO, M. M. T., LIMA, G. D. C., DA SILVA, J. G. M., GUEDES, F. X., DANTAS, F. D. G., & LÔBO, R. N. B. Morfologia e Rendimento de Biomassa da Palma Miúda Irrigada sob Doses de Adubação Orgânica e Intensidades de Corte. **Revista Científica de Produção Animal**, [s.l.], v. 16, n. 2, p.118-130, 30 dez. 2014.

QUINTANAR, R. M., VALDEZ CEPEDA, R. D., BLANCO MACIAS, F., RUIZ GARDUNO, R. R., MARQUEZ MADRID, M., MACIAS RODRIGUEZ, F. J., & GARCIA HERNANDEZ, J. L. Nutrient interactions in cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) and their effect on biomass production. **Acta Horticulturae**, [s.l.], n. 728, p.145-150, dez. 2006.

ROCHA, J. E. S. **Documento 106: Palma forrageira no Nordeste do Brasil**. Sobral: Embrapa, 2012. 40 p.

SANTI, C.; BOGUSZ, D.; FRANCHE, C. Biological nitrogen fixation in non-legume plants. **Annals Of Botany**, [s.l.], v. 111, n. 5, p.743-767, 10 mar. 2013.

SILVA, J. A., BONOMO, P., DONATO, S. L., PIRES, A. J., SILVA, F. F., & DONATO, P. E. Composição bromatológica de palma forrageira cultivada em diferentes espaçamentos e adubações química. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias - Brazilian Journal Of Agricultural Sciences**, [s.l.], v. 8, n. 2, p.342-350, 29 jun. 2012.

SILVA, L. M. D., FAGUNDES, J. L., VIEGAS, P. A. A., MUNIZ, E. N., RANGEL, J. H. D. A., MOREIRA, A. L., & BACKES, A. A. Produtividade da palma forrageira cultivada em diferentes densidades de plantio. **Ciência Rural**, [s.l.], v. 44, n. 11, p.2064-2071, nov. 2014.

SILVA, M. L. R. B., SANTO Mergulhão, A. C. D. E., DOS SANTOS FIGUEIRÔA, C., & DOS SANTOS CORDEIRO, D. Diversidade da microbiota endofítica na cultura da palma (*Opuntia* spp. e *Nopalea* spp.) no Semiárido de Pernambuco. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, [s.l.], v. 19, n. 1, p.3-10, 2014.

SILVA, M. L. R. B., DOS SANTOS FIGUEIRÔA, C., & SANTO MERGULHÃO, A. C. D. E. Identificação de bactérias diazotróficas isoladas em cultivares de palma (*Opuntia* e *Nopalea*) usando o gene *recA*. **Bioscience Journal**, [s.l.], v. 31, n. 2, p.577-583, 2015.

SILVA, J. A. D., DONATO, S. L., DONATO, P. E., SOUZA, E. D. S., PADILHA JÚNIOR, M. C., & JUNIOR, S. Yield and vegetative growth of cactus pear at different spacings and under chemical fertilizations. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, [s.l.], v. 20, n. 6, p.564-569, jun. 2016.

SOUZA, T. C. **Sistemas de cultivo para a palma forrageira cv. miúda (*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck)**. 2015. 119 f. Tese (Doutorado) - Curso de Zootecnia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2015.

SOUZA, T. C., DOS SANTOS, M. V. F., JÚNIOR, J. C. B. D., DE ANDRADE LIRA, M., DOS SANTOS, D. C., DA CUNHA, M. V., & DA SILVA, R. R. Productivity and nutrient concentration in spineless cactus under different fertilizations and plant densities. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias - Brazilian Journal Of Agricultural Sciences**, [s.l.], v. 12, n. 4, p.555-560, 30 dez. 2017.

STEENHOUDT, O.; VANDERLEYDEN, J. *Azospirillum*, a free-living nitrogen-fixing bacterium closely associated with grasses: genetic, biochemical and ecological aspects. **Fems Microbiology Reviews**, [s.l.], v. 24, n. 4, p.487-506, out. 2000.

STINTZING, F.C., CARLE, R. Cactus stems (*Opuntia spp.*): a review on the chemistry, technology, and uses. **Molecular Nutrition and Food Research**, [s.l.], v. 49, n.2, p.175–194, 2005.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 954 p.

TARRANT, Jeffrey J.; KRIEG, Noel R.; DÖBEREINER, Johanna. A taxonomic study of the *Spirillum lipoferum* group, with descriptions of a new genus, *Azospirillum* gen. nov. and two species, *Azospirillum lipoferum* (Beijerinck) comb. nov. and *Azospirillum brasilense* sp. nov. **Canadian journal of microbiology**, v. 24, n. 8, p. 967-980, 1978.

TELES, M. M.; SANTOS, M. V.; DUBEUX JÚNIOR, J. C. B.; BEZERRA NETO, E.; FERREIRA, R. L. C.; LUCENA, J. E. C.; LIRA, M. A. Efeitos da Adubação e de Nematicida no Crescimento e na Produção da Palma Forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill) cv. Gigante. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.1, p.52-60, 2002.

TELES, M. M., SANTOS, M. V. F. D., DUBEUX JUNIOR, J. C. B., LIRA, M. D. A., FERREIRA, R. L. C., BEZERRA NETO, E., & FARIAS, I. Efeito da adubação e do uso de nematicida na composição química da palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill). **Revista Brasileira de Zootecnia**, [s.l.], v. 33, n. 62, p.1992-1998, dez. 2004.

THULER, D. S., FLOH, E. I. S., HANDRO, W., & BARBOSA, H. R. Plant growth regulators and amino acids released by *Azospirillum sp.* in chemically defined media. **Letters In Applied Microbiology**, [s.l.], v. 37, n. 2, p.174-178, ago. 2003.



TIEN, T.M.; GASKINS, M.H.; HUBBELL, D.H. Plant growth substances produced by *Azospirillum brasilense* and their effect on the growth of pearl millet (*Pennisetum americanum* L.). **Applied and Environmental Microbiology**, v.37, p.1016-1024, 1979.

## II OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo geral

Avaliar o efeito da inoculação com *Azospirillum brasilense* associado a níveis de adubação nitrogenada (0, 50, 100 e 150 kg ha<sup>-1</sup>), sobre a palma forrageira miúda (*Nopalea cochenillifera*).

### 2.2 Objetivos específicos

Avaliar o efeito da inoculação com *Azospirillum brasilense* e níveis de adubação nitrogenada sobre:

- Verificar o efeito da inoculação com *Azospirillum brasilense* e níveis de adubação nitrogenada sobre a produção de massa verde e massa seca, número e dimensões dos cladódios da palma forrageira miúda;
- Analisar o efeito de *A. brasilense* e níveis de adubação nitrogenada sobre o teor de açúcares solúveis totais, teor de amido e composição bromatológica da palma;
- Analisar a viabilidade econômica do cultivo da palma forrageira miúda inoculada *A. brasilense* e níveis de adubação nitrogenada.

### III MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda União Paraná Bahia VI, zona do Rio do Curral, Encruzilhada, BA. As coordenadas geográficas em que área experimental está localizada são 15° 33' 35" de latitude sul, 40° 43' 39" de longitude oeste, e com uma altitude aproximada de 890 metros. A região é caracterizada por possuir clima tropical, com precipitação média anual de 777 mm, temperatura média anual de 22,2 °C segundo a classificação de Köppen.

Os tratamentos foram conduzidos em um delineamento de blocos ao acaso, composto por 8 tratamentos dispostos em um esquema fatorial 2 x 4, com quatro repetições, totalizando trinta e duas unidades experimentais. O primeiro fator foi constituído pela presença ou não da bactéria (*Azospirillum brasilense*) na dosagem de 1 litro por ha<sup>-1</sup>, sendo a administração do montante dividida em dois momentos, o segundo fator foi constituído por níveis de adubação nitrogenada (0, 50, 100 e 150 kg/N/ha). A parcela experimental teve suas dimensões de 8 m x 4 m, e dimensões úteis de 6 m x 3 m.

Foi realizada a limpeza mecanizada da área, com o uso de roçadeira acoplada ao trator, onde a área total foi demarcada para acomodar as unidades experimentais. Com a área definida, foram coletadas 5 amostras de solo na profundidade de 0 a 20 cm, que após misturadas foram encaminhadas para análise no Laboratório do Departamento de Engenharia Agrícola e Solos da UESB, *Campus* de Vitória da Conquista (Tabela 1).

**Tabela 1.** Análise química do solo

pH	mg/dm <sup>3</sup>		cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> de solo							%		g/dm <sup>3</sup>	
(H <sub>2</sub> O)	P	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	S.B <sup>1</sup>	t <sup>2</sup>	T <sup>3</sup>	V <sup>4</sup>	m <sup>5</sup>	M.O. <sup>6</sup>
4,8	1	0,10	1,3	1,0	0,7	6,5	-	2,4	3,1	9,6	25	23	18

<sup>1</sup>Soma de bases. <sup>2</sup>CTC efetiva. <sup>3</sup>CTC pH 7. <sup>4</sup>Saturação por bases. <sup>5</sup>Saturação por Al<sup>3+</sup>. <sup>6</sup>Matéria orgânica. Fonte: Laboratório de solos da UESB.

Na sequência, o solo foi submetido aos processos de preparo primário, secundário e calagem, com a realização de uma subsolagem, com profundidade aproximada de 35 cm. A aplicação de calcário (calcítico com PRNT 80%) ocorreu no dia 10 de Janeiro de 2019, de acordo com a dose calculada de 4,09 ton. ha<sup>-1</sup> na camada de 0 a 20 cm, com o auxílio de uma adubadora, sendo incorporado em seguida. Após noventa dias da aplicação do calcário, foi realizada a aplicação de fósforo, na quantidade de 181,8 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, utilizando como fonte do nutriente o superfosfato simples, e potássio na quantidade de 282,48 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O utilizando cloreto de potássio como fonte do nutriente, valores obtidos a partir de equações matemáticas, sendo os níveis de fósforo calculados de acordo com a textura do solo, e potássio de acordo com nível ideal do nutriente do solo, considerando nível ideal de 0,4 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>, sendo as recomendações realizadas conforme Ribeiro et al., 1999. Os sulcos de plantio foram confeccionados na profundidade de 10 cm após a incorporação do adubo, como auxílio de um sulcador.

A cultura foi implantada no espaçamento 0,10 m x 2 m, objetivando uma população de 50.000 plantas/ha. Os cladódios foram depositados nos sulcos de plantio no dia 29 de abril de 2019, sendo os mesmos enterrados a uma profundidade de até um terço do comprimento do cladódio.

As mudas foram obtidas de um agricultor familiar, com propriedade no município de Barra do Choça, Bahia, prontas para o plantio e livres de pragas e doenças. Os cladódios foram retirados das plantas mãe, selecionados a campo, e após esse processo, foram deixados em repouso na sombra por um período de quinze dias para a murcha e cicatrização dos ferimentos oriundo do processo de colheita e seleção.

A primeira aplicação da bactéria (*Azospirillum brasilense*) foi realizada logo após o plantio dos cladódios, no dia 29 de abril de 2019, na dose de 500 ml ha<sup>-1</sup>, ou 1,6 ml por parcela, do produto comercial Azototal® com garantias de 2x10<sup>8</sup> unidades formadoras de colônia por ml, nas parcelas submetidas a aplicação. No início da estação das águas, no dia 29 de outubro de 2019, a segunda dose da bactéria (500 ml ha<sup>-1</sup>, ou 1,6 ml) foi aplicada. A aplicação do microrganismo foi realizada na base das plantas com o auxílio de um pulverizador de jardim, diluído em 500 ml de água.

No início do período das águas, os tratamentos submetidos a adubação nitrogenada receberam a primeira dose da adubação, que foi parcelada em três

aplicações de 50 kg N ha<sup>-1</sup> (355 g por parcela) cada uma utilizando como fonte a ureia. As aplicações ocorreram nos meses de outubro, novembro e dezembro, respeitando as quantidades pré-estabelecidas para cada tratamento. A adubação nitrogenada em cobertura foi realizada a lanço de forma manual.

O controle de plantas daninhas foi realizado através da capina manual, sem o uso de produtos fitossanitários.

Entre os meses de outubro de 2019 e abril de 2020, trimestralmente, foram realizadas coletas de dados morfométricos como incremento mensal na largura e comprimento dos cladódios das plantas. A coleta de dados, ocorreu no dia 29 de abril de 2020 onde foram coletados dados morfológicos, como largura, comprimento e espessura de todos os cladódios da palma, foram coletados também os dados de altura e número de cladódios, com auxílio de paquímetro e basímetro de invar.

De posse dos referidos valores, foram calculados os índices de área de cladódios de acordo com a metodologia proposta por Pinheiro et al. (2015), fazendo o uso das seguintes equações:

$$AC = 0,7198 \times (LC \times CC)$$

$$IAC = (\sum_{n}^{i=1} AC) / 10.000 / (S1 \times S2)$$

Onde: AC: Área do cladódio; LC: Largura do cladódio; CC: Comprimento do cladódio. IAC: Índice de área de cladódios;  $(\sum_{n}^{i=1} AC)$ : Somatório da área de cladódio das plantas em um hectare; S1: Espaçamento entre plantas; S2: Espaçamento entre linhas.

Após essa coleta de dados foi feito o corte das plantas, onde os cladódios coletados das parcelas foram pesados a campo, com balança de precisão para determinar a produção de massa verde.

Após o processo de campo os cladódios coletados foram identificados e em seguida levados ao Laboratório Forragicultura pertencente à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB, onde as amostras foram pré-secas em estufa de ventilação forçada a 55 C° por 72 horas, em seguida foram pesadas novamente, para determinação da produção de massa seca, logo após foram moídas em moinho de facas, com peneira de 1 mm e analisadas para obtenção dos teores de matéria seca (MS), (método INCT-

CA G-001/1); matéria mineral (MM), (método INCT-CA M-001/1); proteína bruta (PB), (método INCT-CA N-001/1); extrato etéreo (EE), (método INCT-CA G-004/1); fibra em detergente neutro (FDN), (método INCT-CA F-002/1); e correções para proteína e cinzas (FDNcp), respectivamente, (método INCT-CA N-004/1 e INCT-CA M-002/1); fibra em detergente ácido (FDA), (método INCT-CA F-004/1); correções para proteína e cinzas (FDAcp), (método INCT-CA N-005/1 e INCT-CA M-003/1); lignina, (método INCT-CA F-005/1). Para a análise de FDN, as amostras foram tratadas com  $\alpha$ -amilase termoestável sem uso de sulfito de sódio, corrigidas para o resíduo de cinzas (CIDN; Método INCT-CA M-002/1) e compostos nitrogenados (NIDN; Método INCTCA N004/1, PIDN Método INCT-CA N004/1), segundo metodologia descrita por Detmann et al. (2012).

Para determinação da matéria orgânica (MO), utilizou-se da seguinte fórmula:

$$\text{MO} = 100 - \text{MM}$$

Onde: MO: teor de matéria orgânica, MM: teor de matéria mineral. Todos os termos são expressos em % da MS.

Para a determinação do teor de carboidratos não fibrosos corrigidos para cinzas e proteína (CNFcp) e totais (CT) das amostras de palma, utilizou-se as equações propostas por Sniffen et al. (1992):

$$\text{CNFcp} = 100 - \text{PB} - \text{EE} - \text{FDNcp} - \text{MM}$$

$$\text{CT} = 100 - \text{PB} - \text{EE} - \text{MM}$$

Onde: CNFcp: carboidratos não fibrosos corrigidos para cinzas e proteína; PB: teor de proteína bruta; EE: teor de extrato etéreo; FDNcp: fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína, MM: teor de matéria mineral. Todos os termos são expressos em % da MS.

CT: carboidratos totais; PB: teor de proteína bruta; EE: teor de extrato etéreo; MM: teor de matéria mineral. Todos os termos são expressos em % da MS.

O teor de nutrientes digestíveis totais (NDT) da forragem foi calculado por meio da equação proposta por Weiss (1999):

$$\text{NDT} = (\text{PBD} + \text{FDNcpD} + \text{CNFcpD}) + (2,25 \times \text{EED})$$

Onde: NDT: Nutrientes digestíveis totais; PBD: Proteína bruta digestível; FDNcpD: Fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína digestível; CNFcpD: Carboidratos não fibrosos corrigido para cinzas e proteína; EED: extrato etéreo digestível.

A digestibilidade da matéria seca (DMS), energia digestível (ED) e energia metabolizável (EM), foram calculados por meio de equações propostas por Rodrigues (2010).

$$\text{DMS} = 88,9 - (0,779 \times \text{FDA})$$

$$\text{ED} = \text{NDT} \times 0,04409$$

$$\text{EM} = \text{ED} \times 0,82$$

Onde: DMS: Digestibilidade da matéria seca; FDA: Fibra em detergente ácido.

ED: Energia digestível; NDT: Nutrientes digestíveis totais.

EM: Energia metabolizável; ED: Energia digestível.

Para extração dos carboidratos solúveis, foram homogeneizados 200 mg de massa seca de cladódios em 30 ml de água destilada, seguido de centrifugação a 4.000 rpm, por 20 minutos, e coleta do sobrenadante. Este procedimento foi realizado mais duas vezes e os sobrenadantes combinados.

Para a extração do amido, o pellet resultante da extração dos carboidratos solúveis foi ressuspensionado com 5,0 ml do tampão acetato de potássio 200 mM (pH 4,8), e colocado em banho-maria a 100°C, por 5 minutos. Em seguida foi resfriado e adicionada uma solução contendo 11 unidades da enzima amiloglucosidase, incubando-se em banho-maria, a 50°C, por duas horas, sob agitação constante. Após centrifugação

a 4.000 rpm, por 20 minutos, o sobrenadante foi coletado e o volume completado para 5 ml.

Os açúcares solúveis totais e amido foram quantificados a partir do método da Antrona (Dische, 1962).

Para os cálculos de viabilidade econômica da cultura, foram utilizados os valores dos custos de produção, insumos, fertilizantes, mão de obra e de implantação da cultura, sendo os custos de implantação diluídos em dez anos, como uma forma de depreciação da cultura (Tabela 2).

**Tabela 2.** Custos para implantação, manutenção e produção de 1 ha<sup>-1</sup> de palma forrageira miúda (*Nopalea cochenillifera*)

Descrição	Unidade	Quantidade	Valor unitário	Valor anual
Implantação diluída em 10 anos	mês	12	R\$ 100,00	R\$ 1.200,00
Calcário	kg <sup>-1</sup>	1000	R\$ 0,14	R\$ 140,00
Ureia	kg <sup>-1</sup>	*	R\$ 3,40	*
<i>Azospirillum brasilense</i>	L	*	R\$ 150,00	*
Cloreto de potássio	kg <sup>-1</sup>	150	R\$ 2,30	R\$ 345,00
Superfosfato simples	kg <sup>-1</sup>	300	R\$ 1,20	R\$ 360,00
Capinas	mês	3	R\$ 320,00	R\$ 960,00
Horas máquina	h	0,5	R\$ 150,00	R\$ 75,00
Colheita	ha <sup>-1</sup>	1	R\$ 1.000,00	R\$ 1.000,00
Mão de obra	dia	40	R\$ 50,00	R\$ 2.000,00
<b>Custo Total</b>				<b>R\$ 6.080,00</b>

Para atribuir um valor ao material produzido pela palma forrageira, e para calcular a renda bruta, ou seja o valor sobre o que foi produzido, considerou o valor da saca de milho, representado pelo valor em R\$ por kg<sup>-1</sup> de proteína, considerando a saca de 60 kg de milho com 13% de umidade (Tabela 3).

**Tabela 3.** Custo do kg<sup>-1</sup> de proteína do milho

Alimento	Proteína	Sc. 60kg	Kg MS	Kg P	Valor kg <sup>-1</sup> proteína
Milho	8%	R\$ 58,97	52,2	4,18	R\$ 14,12

Kg MS: Quilograma de matéria seca; Kg P: Quilograma de proteína;



Os custos com ureia e inoculante foram distribuídos de acordo com a quantidade utilizada por cada tratamento, podendo se obter o custo total de produção (Tabela 4).

**Tabela 4.** Custos totais de manutenção e produção de um hectare para cada tratamento

Trat	Custos	Unidade	Quantidade	Valor Unitário	Valor Total
T1	Ureia	kg <sup>-1</sup>	0	R\$ 3,40	*
	<i>A. brasilense</i>	L	1	R\$ 150,00	R\$ 150,00
	Custos gerais	*	*	*	R\$ 6.080,00
	Custo total	*	*	*	R\$ 6.230,00
T2	Ureia	kg <sup>-1</sup>	111,11	R\$ 3,40	R\$ 377,77
	<i>A. brasilense</i>	L	1	R\$ 150,00	R\$ 150,00
	Custos gerais	*	*	*	R\$ 6.080,00
	Custo total	*	*	*	R\$ 6.607,77
T3	Ureia	kg <sup>-1</sup>	222,22	R\$ 3,40	R\$ 755,55
	<i>A. brasilense</i>	L	1	R\$ 150,00	R\$ 150,00
	Custos gerais	*	*	*	R\$ 6.080,00
	Custo total	*	*	*	R\$ 6.985,55
T4	Ureia	kg <sup>-1</sup>	333,33	R\$ 3,40	R\$ 1.133,32
	<i>A. brasilense</i>	L	1	R\$ 150,00	R\$ 150,00
	Custos gerais	*	*	*	R\$ 6.080,00
	Custo total	*	*	*	R\$ 7.363,32
T5	Ureia	kg <sup>-1</sup>	0	R\$ 3,40	*
	<i>A. brasilense</i>	L	0	R\$ 150,00	*
	Custos gerais	*	*	*	R\$ 6.080,00
	Custo total	*	*	*	R\$ 6.080,00
T6	Ureia	kg <sup>-1</sup>	111,11	R\$ 3,40	R\$ 377,77
	<i>A. brasilense</i>	L	0	R\$ 150,00	*
	Custos gerais	*	*	*	R\$ 6.080,00
	Custo total	*	*	*	R\$ 6.457,77
T7	Ureia	kg <sup>-1</sup>	222,22	R\$ 3,40	R\$ 755,55
	<i>A. brasilense</i>	L	0	R\$ 150,00	*
	Custos gerais	*	*	*	R\$ 6.080,00
	Custo total	*	*	*	R\$ 6.835,55
T8	Ureia	kg <sup>-1</sup>	333,33	R\$ 3,40	R\$ 1.133,32
	<i>A. brasilense</i>	L	0	R\$ 150,00	*
	Custos gerais	*	*	*	R\$ 6.080,00
	Custo total	*	*	*	R\$ 7.213,32

T1: 1L de *Azospirillum brasilense* e 0Kg de Nitrogênio; T2: 1L de *Azospirillum brasilense* e 50Kg de Nitrogênio; T3: 1L de *Azospirillum brasilense* e 100Kg de Nitrogênio; T4: 1L de *Azospirillum brasilense* e 150Kg de Nitrogênio; T5: 0L de *Azospirillum brasilense* e 0Kg de Nitrogênio; T6: 0L de *Azospirillum brasilense* e 50Kg de Nitrogênio; T7: 0L de *Azospirillum brasilense* e 100Kg de Nitrogênio; T8: 0L de *Azospirillum brasilense* e 150Kg de Nitrogênio;

Para os cálculos referentes ao resultado ou renda bruta, foi utilizada a seguinte fórmula:

$$\mathbf{RB\ (R\$)\ =\ KGC\ x\ VKG}$$

Onde: RB: Renda bruta; KGC: Quilogramas de material colhido; VKG: Valor do Quilograma.

Para os cálculos referentes ao resultado ou renda líquida, foi utilizada a equação proposta por Nogueira (2004):

$$\mathbf{RES\ (R\$)\ =\ RB\ -\ CT}$$

Onde: RES: Resultado; RB: Renda bruta; CT: Custo total.

Os resultados foram submetidos à análise de variância considerando como fonte de variação a inoculação e níveis de adubação nitrogenada. Procedeu-se com o desdobramento, ou não, onde determinou-se a análise de regressão para os níveis de adubação nitrogenada e teste F para a comparação de médias dos tratamentos sem e com inoculação. Foi adotado o nível de 5% de probabilidade e utilizou-se o programa estatístico SAS.

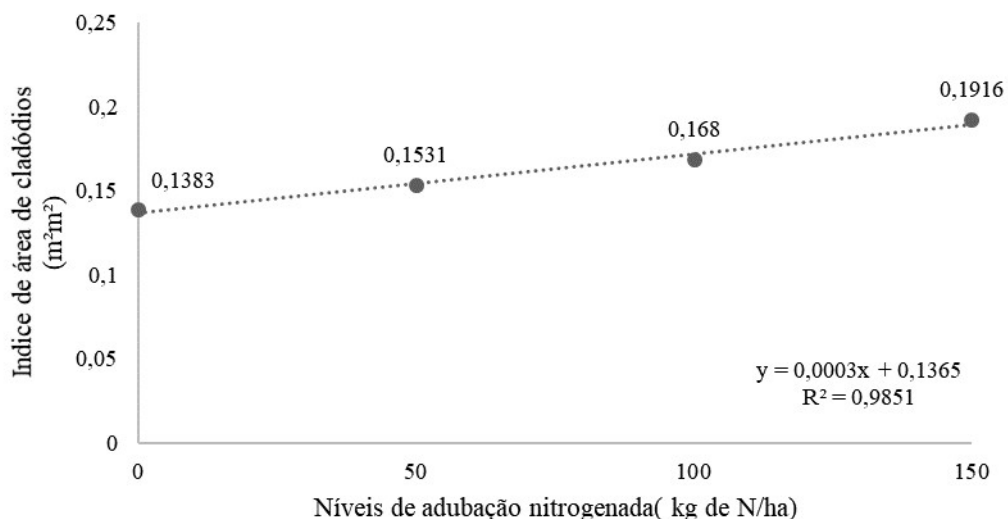
## IV RESULTADOS E DISCUSSÕES

Não houve interação significativa para os fatores inoculação com *Azospirillum brasilense* e níveis de adubação nitrogenada para nenhuma das variáveis submetidas a análise ( $P > 0,05$ ).

O incremento mensal do índice de área de cladódios, altura, número de cladódios secundários, número de cladódios terciários e número de cladódios totais (IAC, ALTURA, NUMC2, NUMC3 e NUMCTOT) apresentou efeito significativo para inoculação ( $P < 0,05$ ), onde se observou maiores incrementos com a utilização da bactéria (Tabela 5), o que pode-se atribuir a ação da bactéria na produção de fitormônios e fixação biológica de nitrogênio.

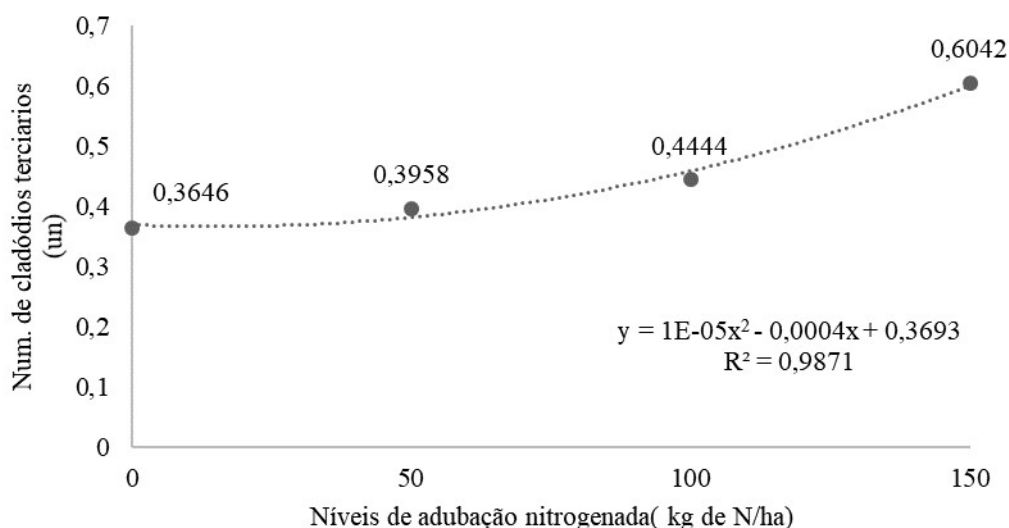
Segundo Bashan & Bashan (2010), os fitormônios excretados pelo *Azospirillum* como ácido indolacético (AIA), uma auxina, impacta significativamente na promoção do crescimento das plantas. Hartmann et al. (1983) e Gopalswamy & Vidhy Asekaran (1988), observaram que a quantidade de raízes laterais e pelos radiculares aumentavam consideravelmente quando se fazia o uso de *Azospirillum*, o que por sua vez influenciava diretamente no desenvolvimento da parte aérea.

O incremento mensal do IAC, foi influenciado pela adubação nitrogenada, onde foi observado efeito linear crescente, com o aumento de  $0,015 \text{ m}^2\text{m}^2$  para cada  $50 \text{ kg de N ha}^{-1}$  (Figura 1), uma vez que o nitrogênio, como principal componente da clorofila, irá proporcionar uma maior capacidade de produção de fotoassimilados, o que proporciona maior capacidade de desenvolvimento para a planta.

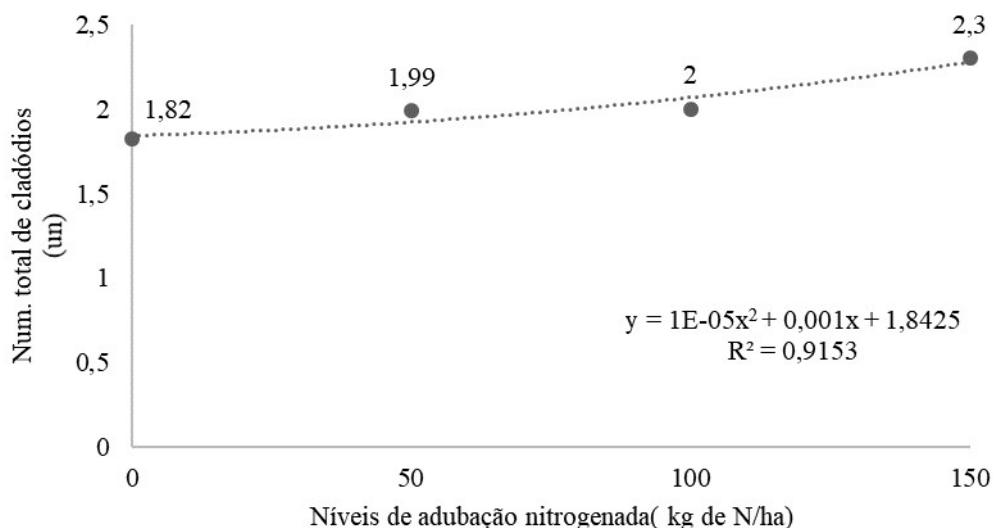


**Figura 1.** Incremento mensal do índice de área de cladódios (IAC) da palma forrageira miúda em função da adubação nitrogenada.

Para a incremento mensal das variáveis NUMC3 e NUMCTOT (Figuras 2 e 3), pôde-se observar efeito quadrático para adubação nitrogenada, ressaltando que os menores incrementos para NUMC3 foi de 0,365 un. com a dose de 20 kg de N ha<sup>-1</sup> e NUMCTOT de 1,868 un. quando submetido a dose de 50 kg de N ha<sup>-1</sup>.



**Figura 2.** Incremento mensal do número de cladódios terciários (NUMC3) da palma forrageira miúda em função da adubação nitrogenada.

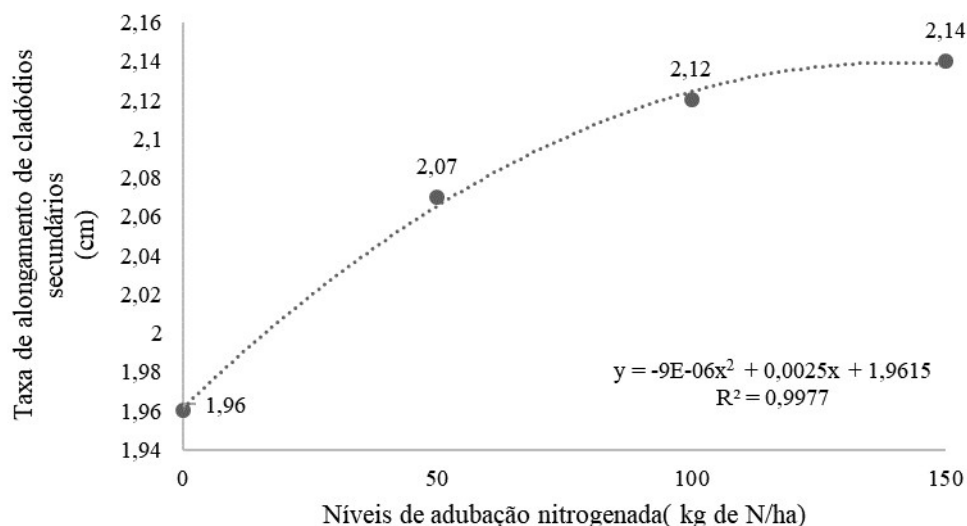


**Figura 3.** Incremento mensal do número de cladódios totais (NUMCTOT) da palma forrageira miúda em função da adubação nitrogenada.

As variáveis taxa de alargamento de cladódios secundários, taxa de alongamento de cladódios primários e taxa de alongamento de cladódios secundários (TalargC2, TalongC1 e TalongC2), foram influenciadas pela inoculação ( $P < 0,05$ ), sendo demonstrada maiores taxas quando se fez a utilização da bactéria, demonstrando que plantas inoculadas possuem uma maior taxa de incremento nas dimensões dos cladódios (Tabela 6).

Pôde-se observar também o comportamento quadrático para a variável TalongC2, com máxima TalongC2 com 138,9 kg de N ha<sup>-1</sup>, devido ao fato de que os cladódios apresentaram uma taxa crescente de alongamento até quantidade de adubação nitrogenada apresentada, sendo que nas condições do atual estudo, maiores quantidades não apresentaram efeitos significativos (Figura 4).

Lemaire & Chapman (1996), mostram que o aparecimento e desenvolvimento de folhas tem um papel fundamental na morfogênese, e influencia diretamente a estrutura da pastagem. Assim como nos valores de incrementos mensais, as taxas de alongamento e alargamento possuíram incrementos significativos quando as plantas foram submetidas a inoculação, o que refletiu diretamente nas variáveis altura e IAC, também apresentando maiores valores com a inoculação, fazendo com que o uso da mesma seja benéfico para o desenvolvimento e crescimento da palma forrageira miúda.



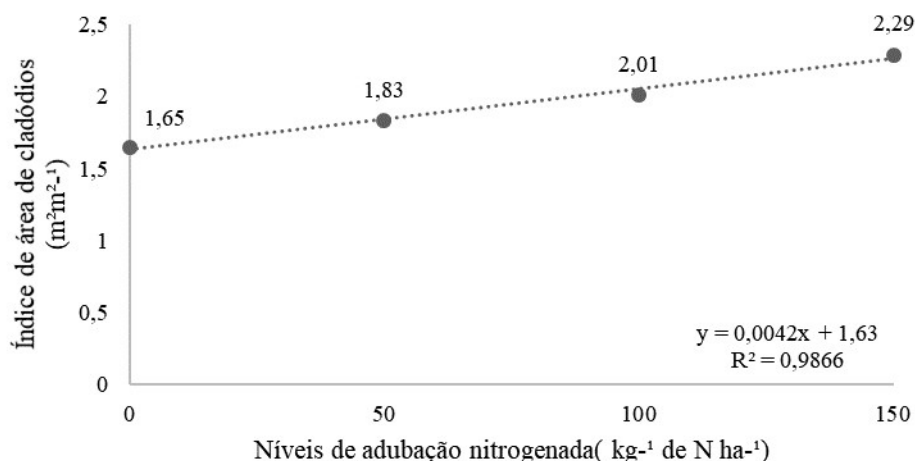
**Figura 4.** Taxa de alongamento de cladódios secundários (TalongC2) da palma forrageira miúda em função da adubação nitrogenada.

Para a variável taxa de alargamento de cladódios primários (TalarC1) não houve diferença significativa ( $P > 0,05$ ) entre os fatores avaliados.

O índice de área de cladódios (IAC) e Altura das plantas (Tabela 7), apresentaram efeito significativo para utilização da bactéria *A. brasilense* ( $P < 0,05$ ), e efeito isolado para o IAC quando utilizado níveis de adubação nitrogenada.

As duas variáveis obtiveram maiores valores quando foram inoculadas com a bactéria. O IAC apresentou resposta linear crescente aos níveis de adubação nitrogenada (Figura 5), podendo ser observado que o incremento de  $1 \text{ kg ha}^{-1}$  de N proporcionou um aumento de  $0,0042 \text{ m}^2\text{m}^2$ .

Pôde-se observar que a medida que se aumenta a dose de adubação nitrogenada, o IAC apresenta resposta positiva, apresentando  $2,29 \text{ m}^2\text{m}^2$  quando submetido a dose de  $150 \text{ kg de N ha}^{-1}$ . Dubeux Júnior & Santos (2005) mostraram em seu trabalho resultados que a palma forrageira extrai  $9 \text{ kg}$  de nitrogênio para cada tonelada de matéria seca produzida, ressaltando a importância da adubação nitrogenada para cultura, pois uma quantidade adequada do nutriente proporciona melhor condição para o desenvolvimento da forrageira, uma vez que o mesmo é um dos principais constituintes da clorofila, o que por sua vez faz com que a planta tenha maior capacidade de produção de fotoassimilados e conseqüentemente maior capacidade de crescimento.



**Figura 5.** Índice de área de cladódios (IAC) da palma forrageira miúda em função da adubação nitrogenada.

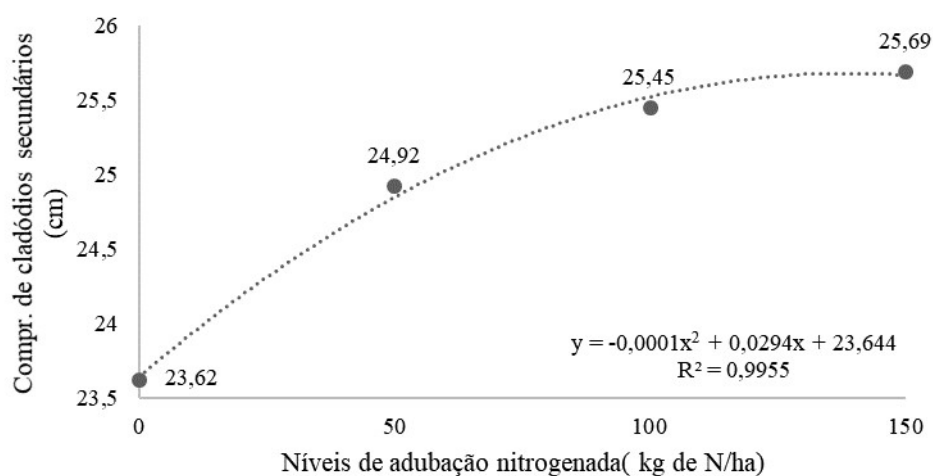
O IAC da palma forrageira representa uma importante característica estrutural da planta e está diretamente ligado a capacidade de interceptação luminosa. Na palma forrageira o uso da radiação solar ocorre a partir dos cladódios, possibilitando assim que a produção de carboidratos seja realizada (Pinheiro et al., 2014), portanto a diferença no IAC e altura da planta influencia significativamente na sua capacidade fotossintética e conseqüentemente na produção e rendimento da cultura (Silva et al., 2010).

A inoculação proporcionou maiores valores para IAC e Altura, o que pode ser atribuído a fixação biológica de nitrogênio realizada pela bactéria, que aumenta a disponibilidade desse nutriente no solo favorecendo a absorção do mesmo pela palma e devido as relações do nitrogênio com a clorofila, favorece uma maior produção de fotoassimilados, o que reflete no crescimento. Hungria (2011), apresenta dados da cultura do milho, onde a inoculação com *A. brasilense*, proporcionou maior produtividade devido a FBN.

O fator inoculação apresentou influência significativa ( $P < 0,05$ ) para as variáveis comprimento de cladódios primários, secundários e comprimento total (CC1, CC2 e CTOT) (Tabela 8), e também para as variáveis largura de cladódios secundários, terciários e largura total (LC2, LC3 e LTOT) (Tabela 9), onde verificou-se maiores valores para as variáveis quando a inoculação foi utilizada.

A variável CC2 apresentou comportamento quadrático quando avaliados os níveis de adubação nitrogenada, apresentando o maior CC ( $25,8 \text{ cm}^{-1}$ ) quando a parcela

foi submetida a aplicação de  $147 \text{ kg ha}^{-1}$  de N (Figura 6). As variáveis LC1 e CC3 não obtiveram diferença para nenhum fator.



**Figura 6.** Comprimento de cladódios secundários (CC2) da palma forrageira miúda em função da adubação nitrogenada.

Para a variável espessura, não houve diferença entre os fatores estudados ( $P > 0,05$ ) (Tabela 10).

As relações entre as características morfológicas da planta, como largura, comprimento e altura, estão intimamente ligadas ao índice de área de cladódios, e consequentemente ao rendimento da planta (Neder et al., 2013; Pinheiro et al., 2014).

Os fatores como índice de área de cladódios e altura indicam a qualidade no manejo da adubação sobre a cultura, pois correspondem diretamente em produtividade, além de estimativas de acúmulo de forragem (Costa et al., 2012).

A inoculação da palma forrageira com *A. brasilense* não proporcionou apenas larguras e comprimentos de cladódios maiores, mas também altura e um índice de área de cladódios maiores, o que por sua vez fez com que a planta ficasse melhor estruturada e capaz de aproveitar de maneira adequada a radiação solar, refletindo diretamente no quesito produção de fotoassimilados e assim, na produção de forragem.

Tal desenvolvimento pode ter ligação direta com a produção de fitormônios e fixação biológica de nitrogênio, uma vez que os mesmos são promotores de crescimento e atuam em distintos processos fisiológicos, tanto no sistema radicular como na parte aérea da planta (Hungria, 2011), portanto, justificando-se o maior comprimento, largura



e altura da palma forrageira para os tratamentos submetidos a inoculação com *Azospirillum brasilense*.

Em culturas inoculadas com a bactéria *A. brasilense*, atribui-se maior crescimento das plantas a fixação biológica de nitrogênio realizada pela bactéria, fator que influencia diretamente no crescimento das plantas (Dobbelaere et al., 2002; Hungria 2011). A bactéria é atraída para a rizosfera da planta devido a alta relação carbono nitrogênio essa região, onde através da enzima nitrogenase fixa o nitrogênio atmosférico, favorecendo desenvolvimento da planta (Reis Junior et al., 2004; Taiz & Zeiger, 2017).

Os fitormônios produzidos por *A. brasilense* como as auxinas (ácido indolacético, ácido indolbutírico e ácido naftalenoacético) e citocininas (benzilaminopurina, isopenteniladenina e zeatina), irão atuar em órgãos e tecidos, sendo transportados na planta, onde pode-se identificar a citocinina em maior quantidade, como a principal responsável por favorecer o desenvolvimento da parte aérea das plantas, que juntamente com as auxinas regulam o crescimento vegetal (Hungria et al., 2010; Moubayidin et al., 2009, Nakhoda et al., 2012).

Em culturas como milho, o *A. brasilense* vem sendo utilizado de maneira ampla, apresentado resultados significativos quanto a diâmetro de colmo, altura de planta e índice de área foliar (Dartora et al., 2013), o que reflete positivamente na produção dessa cultura, comprovando que o mesmo promove incrementos no IAF como verificado no presente trabalho com IAC.

**Tabela 5.** Incremento mensal do índice de área de cladódios (IAC), altura de plantas (ALTURA), número de cladódios primários (NUMC1), número de cladódios secundários (NUMC2), número de cladódios terciários (NUMC3), e número de cladódios totais (NUMCTOT) da palma forrageira em função da aplicação de *Azospirillum brasilense* e adubação nitrogenada

Itens	BAC <sup>1</sup>		Nitrogênio				CV	P-Valor		
	Com	Sem	0	50	100	150		BAC	N <sup>2</sup>	BACxN <sup>3</sup>
IAC <sup>4</sup>	0,18A	0,13B	$y = 0,0003x + 0,1365$				17,14	0,000	0,006	0,228
ALTURA <sup>5</sup>	5,49A	5,00B	4,89	5,24	5,32	5,54	12,76	0,049	0,310	0,528
NUMC1 <sup>6</sup>	0,65A	0,61A	0,73	0,74	0,81	0,79	17,12	0,356	0,222	0,093
NUMC2 <sup>6</sup>	1,04A	0,77B	0,71	0,72	0,76	0,79	18,85	0,000	0,235	0,596
NUMC3 <sup>6</sup>	0,53A	0,37B	$y = 0,00001x^2 - 0,0004x + 0,3693$				29,33	0,002	0,007	0,985
NUMCTOT <sup>6</sup>	2,27A	1,78B	$y = 0,00001x^2 + 0,001x + 1,8425$				14,67	0,000	0,028	0,288

Médias seguidas de mesma letra maiúscula, para bactéria, não diferem entre si pelo teste F ( $P > 0,05$ ). <sup>1</sup>*Azospirillum brasilense* <sup>2</sup>Nitrogênio <sup>3</sup>Interação entre *Azospirillum brasilense* e Nitrogênio <sup>4</sup>m<sup>2</sup>m<sup>2</sup>/mês <sup>5</sup>cm<sup>-1</sup>/mês <sup>6</sup>un/mês.

**Tabela 6.** Taxa de alargamento de cladódios primários (TalarC1), taxa de alargamento de cladódios secundários (TalarC2), taxa de alongamento de cladódios primários (TalonC1), taxa de alongamento de cladódios secundários (TalongC2) da palma forrageira em função da aplicação de *Azospirillum brasilense* e adubação nitrogenada

Itens (cm/mês)	BAC <sup>1</sup>		Nitrogênio				CV	P-Valor		
	Com	Sem	0	50	100	150		BAC	N <sup>2</sup>	BACxN <sup>3</sup>
TalarC1	0,77A	0,76A	0,73	0,74	0,81	0,79	10,57	0,671	0,173	0,347
TalarC2	0,77A	0,72B	0,71	0,72	0,76	0,79	7,43	0,010	0,055	0,068
TalonC1	2,04A	1,86B	1,96	1,87	2,00	1,98	10,38	0,027	0,562	0,424
TalongC2	2,11A	2,04B	$y = -0,000009x^2 + 0,0025x + 1,9615$				3,66	0,022	0,000	0,714

Médias seguidas de mesma letra maiúscula, para bactéria, não diferem entre si pelo teste F ( $P > 0,05$ ). <sup>1</sup>*Azospirillum brasilense* <sup>2</sup>Nitrogênio <sup>3</sup>Interação entre *Azospirillum brasilense* e Nitrogênio.

**Tabela 7.** Índice de área de cladódios (IAC) e altura de plantas (ALTURA) da palma forrageira em função da aplicação de *Azospirillum brasilense* e adubação nitrogenada

Itens	BAC <sup>1</sup>		Nitrogênio (Kg ha <sup>-1</sup> )				CV	P-Valor		
	Com	Sem	0	50	100	150		BAC	N <sup>2</sup>	BACxN <sup>3</sup>
IAC <sup>4</sup>	2,27A	1,63B	y = 0,0042x+1,63				17,14	0,000	0,006	0,228
ALTURA <sup>5</sup>	65,97A	60,04B	58,77	62,91	63,84	66,49	12,71	0,049	0,310	0,528

Médias seguidas de mesma letra maiúscula, para bactéria, não diferem entre si pelo teste F (P>0,05). <sup>1</sup>*Azospirillum brasilense* <sup>2</sup>Nitrogênio <sup>3</sup>Interação entre *Azospirillum brasilense* e Nitrogênio <sup>4</sup>m<sup>2</sup>m<sup>2</sup> <sup>5</sup>cm.

**Tabela 8.** Comprimento de cladódios primários (CC1), comprimento de cladódios secundários (CC2), comprimento de cladódios terciários (CC3), e comprimento total de cladódios (CTOT) da palma forrageira em função da aplicação de *Azospirillum brasilense* e adubação nitrogenada

Itens (cm)	BAC <sup>1</sup>		Nitrogênio (Kg ha <sup>-1</sup> )				CV	P-Valor		
	Com	Sem	0	50	100	150		BAC	N <sup>2</sup>	BACxN <sup>3</sup>
CC1	24,55A	22,43B	23,62	22,45	24,08	23,81	10,38	0,022	0,562	0,424
CC2	25,32A	24,52B	y=-0,0001x <sup>2</sup> +0,0294x+23,644				3,66	0,022	0,000	0,714
CC3	23,32A	20,45A	19,29	23,22	21,26	23,76	23,53	0,129	0,317	0,659
CTOT	24,42A	23,11B	23,24	23,43	23,91	24,96	6,01	0,017	0,346	0,324

Médias seguidas de mesma letra maiúscula, para bactéria, não diferem entre si pelo teste F (P>0,05). <sup>1</sup>*Azospirillum brasilense* <sup>2</sup>Nitrogênio <sup>3</sup>Interação entre *Azospirillum brasilense* e Nitrogênio.

**Tabela 9.** Largura de cladódios primários (LC1), largura de cladódios secundários (LC2), largura de cladódios terciários (LC3), e largura total de cladódios (LTOT) da palma forrageira em função da aplicação de *Azospirillum brasilense* e adubação nitrogenada

Itens (cm)	BAC <sup>1</sup>		Nitrogênio (Kg ha <sup>-1</sup> )				CV	P-Valor		
	Com	Sem	0	50	100	150		BAC	N <sup>2</sup>	BACxN <sup>3</sup>
LC1	9,35A	9,20A	8,87	8,89	9,57	9,78	10,57	0,671	0,173	0,347
LC2	9,30A	8,64B	8,58	8,64	9,49	9,18	7,43	0,010	0,055	0,068
LC3	8,61A	7,25B	7,37	8,34	7,82	8,20	20,00	0,024	0,624	0,803
LMTOT	9,05A	8,56B	8,53	8,49	9,23	8,98	6,34	0,020	0,051	0,506

Médias seguidas de mesma letra maiúscula, para bactéria, não diferem entre si pelo teste F (P>0,05). <sup>1</sup>*Azospirillum brasilense* <sup>2</sup>Nitrogênio <sup>3</sup>Interação entre *Azospirillum brasilense* e Nitrogênio.

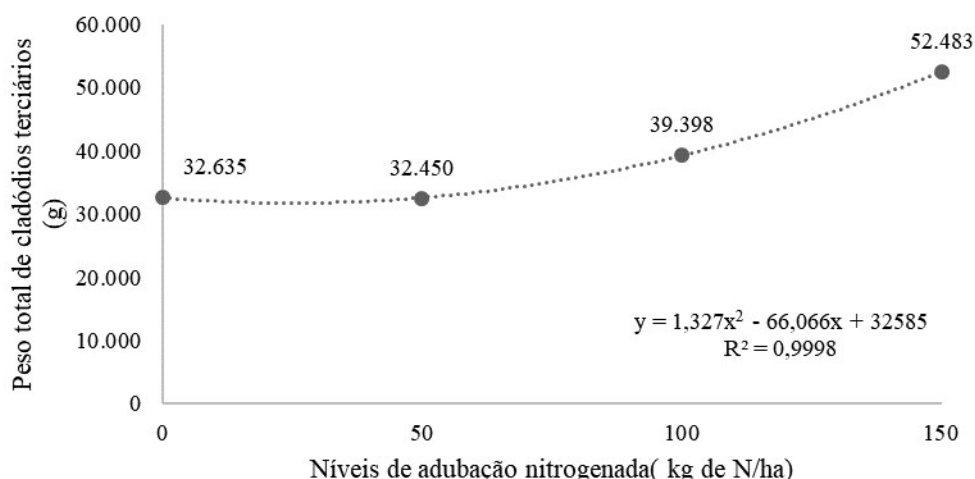
**Tabela 10.** Espessura de cladódios primários (ESPC1), espessura de cladódios secundários (ESPC2), espessura de cladódios terciários (ESPC3), e espessura total de cladódios (ESPTOT) da palma forrageira em função da aplicação de *Azospirillum brasilense* e adubação nitrogenada

Itens (mm)	BAC <sup>1</sup>		Nitrogênio (Kg ha <sup>-1</sup> )				CV	P-Valor		
	Com	Sem	0	50	100	150		BAC	N <sup>2</sup>	BACxN <sup>3</sup>
ESPC1	22,45	16,5	17,49	17,73	25,17	17,49	46,47	0,077	0,267	0,298
ESPC2	16,01	15,24	18,45	16,74	13,75	13,54	55,09	0,802	0,613	0,314
ESPC3	16,89	16,09	15,10	16,39	17,40	17,08	14,32	0,348	0,248	0,153
ESPTOT	16,81	14,38	16,39	14,1	16,63	15,26	30,71	0,165	0,707	0,351

Médias não diferem entre si pelo teste F (P>0,05). <sup>1</sup>*Azospirillum brasilense* <sup>2</sup>Nitrogênio <sup>3</sup>Interação entre *Azospirillum brasilense* e Nitrogênio.

Foram obtidos incrementos significativos ( $P < 0,05$ ), para as variáveis peso total de cladódios primários, peso total de cladódios secundários, peso total de cladódios terciários, peso total de massa verde de cladódios e produção de massa seca (PTOTC1, PTOTC2, PTOTC3, PTOT e PRODMS). As plantas que não receberam a inoculação com a bactéria, foram as menos produtivas (Tabela 11).

A variável PTOTC3, quando submetida a níveis de adubação nitrogenada, apresentou comportamento quadrático, onde pôde-se identificar o menor peso de cladódios (32.585 kg) quando se utilizou adubação nitrogenada com valores de  $24,9 \text{ kg}^{-1} \text{ N ha}^{-1}$  (Figura 7), representando que quantidades pequenas de nitrogênio, como a dose apresentada, não apresenta efeito sobre a cultura.

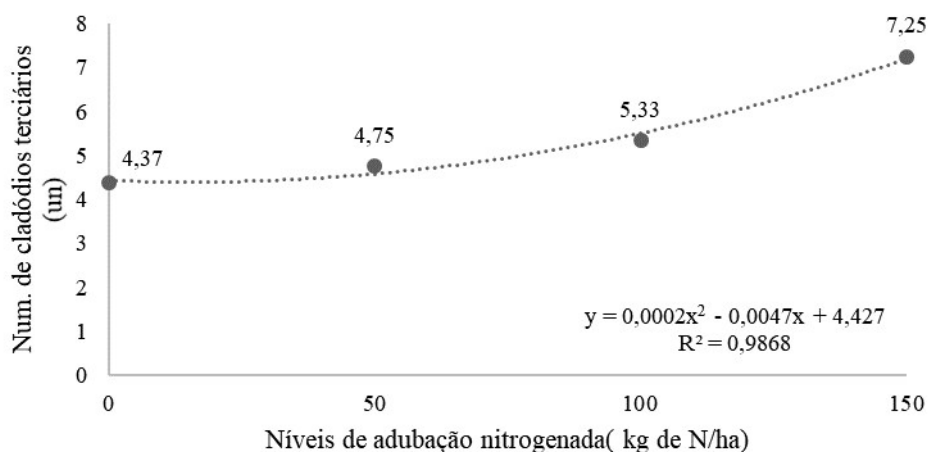


**Figura 7.** Peso total de cladódios terciários (PTOTC3) da palma forrageira miúda em função da adubação nitrogenada.

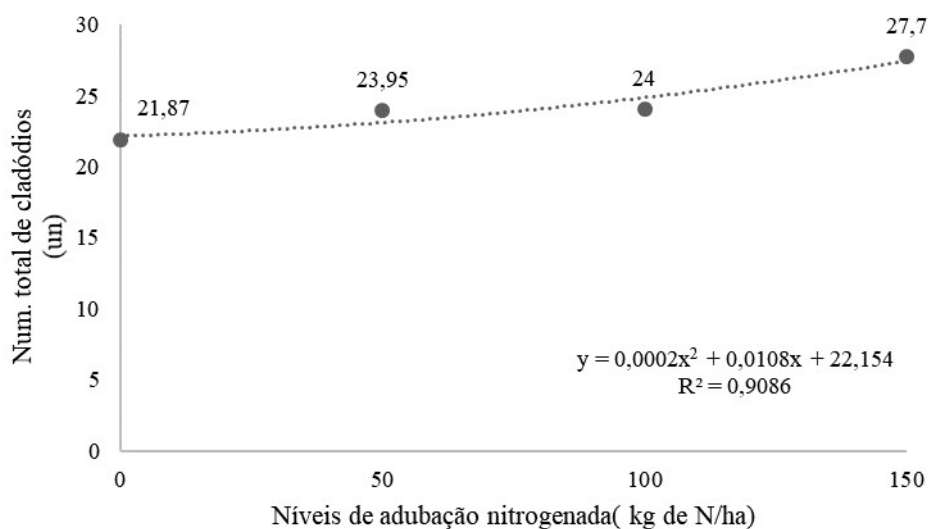
Para as variáveis número de cladódios secundários, número de cladódios terciários e número total de cladódios totais (NUMC2, NUMC3 e NUMCTOT) houve diferença significativa para o fator inoculação ( $P < 0,05$ ). As plantas que foram inoculadas com *Azospirillum brasilense* produziram um maior número de cladódios (Tabela 12).

Quando se fez a utilização de níveis de adubação nitrogenada sobre as plantas de palma forrageira miúda, para as variáveis NUMC3 e NUMCTOT, foram influenciados pela adubação nitrogenada ( $P < 0,05$ ), apresentando comportamento quadrático, onde a menor produção de cladódios, obteve-se quando foi utilizado 11,8 e 27 kg de N  $\text{ha}^{-1}$ ,

respectivamente (Figuras 8 e 9), representando mais uma vez de que para a cultura da palma forrageira, pequenas doses de adubação nitrogenada não proporcionam incrementos para a cultura.



**Figura 8.** Número de cladódios terciários (NUMC3) da palma forrageira miúda em função da adubação nitrogenada.



**Figura 9.** Número total de cladódios (NUMCTOT) da palma forrageira miúda em função da adubação nitrogenada.

Para as variáveis açúcares solúveis totais e amido (AST e AMD), foi verificado efeito da inoculação ( $P < 0,05$ ), com menores teores para as plantas inoculadas (Tabela 13).

Tal comportamento se relaciona com a produtividade, na situação que plantas em crescimento constante acumulam menos reserva e açúcares, pois, os mesmos estão em constante utilização, como pode ser observado, plantas inoculadas produziram uma maior quantidade de massa verde, um maior número de cladódios e apresentaram teores de AST e AMD menores.

Organismos vegetais em pleno crescimento vegetativo, consomem constantemente açúcares solúveis para o seu desenvolvimento, e só armazenam esses carboidratos quando diminuem o seu crescimento (Watt et al., 2013).

Plantas inoculadas com *Azospirillum brasilense*, apresentam maior desenvolvimento e produção, pois essa bactéria diazotrófica possui a capacidade de fixar nitrogênio atmosférico e produzir fitormônios, habitando a rizosfera das plantas, favorecendo o desenvolvimento da mesma (Fiori et al., 2011; Bashan et al., 2004; Dobereiner & Pedrosa, 1987; Okon & Labandera Gonzalez, 1994).

Incrementos positivos podem ser verificados devido a influência dos fitormônios produzidos pela bactéria (Dobbelaere et al., 2001), e a fixação biológica de nitrogênio (Hungria, 2011), pois os mesmos proporcionam um melhor crescimento e desenvolvimento das plantas, o que justifica o melhor desempenho para plantas de palma forrageira miúda inoculada.

Fitormônios como a citocinina e auxina atua diretamente sobre o crescimento e desenvolvimento da planta, sendo transportadas para todas as partes das plantas através do xilema (Hungria et al., 2010). A citocinina estimula a divisão celular, podendo ser o fenômeno chamado de citocinese e, juntamente com a auxina que regulam o crescimento da planta, proporcionando um maior desenvolvimento vegetativo (Radwan et al., 2004; Cassán et al., 2008; Moreira et al., 2010; Taiz & Zeiger, 2017).

Maior desenvolvimento, produção e crescimento vegetativo foram observados em plantas inoculadas, como pode ser observado pelos valores de PTOT, PRODMS e NUMCTOT, que refletem o resultado das variáveis que indicam um melhor crescimento e desenvolvimento de plantas de palma forrageira que receberam a aplicação de *Azospirillum brasilense*.

**Tabela 11.** Peso total de cladódios primários (PTOTC1), peso total de cladódios secundários (PTOTC2), peso total de cladódios terciários (PTOTC3), peso total de massa verde de cladódios (PTOT) e produção de matéria seca ha<sup>-1</sup> (PRODMS), da palma forrageira em função da aplicação de *Azospirillum brasilense* e adubação nitrogenada

Itens	BAC <sup>1</sup>		Nitrogênio (Kg ha <sup>-1</sup> )				CV	P-Valor		
	Com	Sem	0	50	100	150		BAC	N <sup>2</sup>	BACxN <sup>3</sup>
PTOTC1 <sup>4</sup>	108.638A	85.572B	93.154	94.133	96.752	104.379	21,47	0,005	0,702	0,103
PTOTC2 <sup>4</sup>	131.087A	85.626B	90.656	109.027	113.294	120.450	20,86	0,000	0,085	0,576
PTOTC3 <sup>4</sup>	50.380A	28.103B	y = 1,327x <sup>2</sup> -66,066x+32.585				34,74	0,000	0,025	0,303
PTOTHA <sup>4</sup>	292.480A	200.453B	217.960	237.067	251.437	279.402	18,01	0,000	0,070	0,181
KGMSHA <sup>5</sup>	23.813A	16.695B	18.537	19.301	20.974	22.203	18,97	0,001	0,249	0,229

Médias seguidas de mesma letra maiúscula, para bactéria, não diferem entre si pelo teste F (P>0,05). <sup>1</sup>*Azospirillum brasilense* <sup>2</sup>Nitrogênio <sup>3</sup>Interação entre *Azospirillum brasilense* e Nitrogênio <sup>4</sup>kg ha<sup>-1</sup> MV <sup>5</sup>kg ha<sup>-1</sup> MS.



**Tabela 12.** Número de cladódios primários (NUMC1), número de cladódios secundários (NUMC2), número de cladódios terciários (NUMC3) e número total de cladódios (NUMCTOT) da palma forrageira em função da aplicação de *Azospirillum brasilense* e adubação nitrogenada

Itens (un)	BAC <sup>1</sup>		Nitrogênio (Kg ha <sup>-1</sup> )				CV	P-Valor		
	Com	Sem	0	50	100	150		BAC	N <sup>2</sup>	BACxN <sup>3</sup>
NUMC1	7,87A	7,43A	7,54	7,66	7,00	8,41	17,12	0,356	0,222	0,093
NUMC2	12,54A	9,31B	9,62	11,2	11,16	11,7	18,85	0,000	0,235	0,596
NUMC3	6,39A	4,45B	y = 0,0002x <sup>2</sup> -0,0047x+4,427				29,33	0,002	0,007	0,985
NUMCTOT	27,29A	21,47B	y = 0,0002x <sup>2</sup> +0,0108x+22,154				14,67	0,000	0,028	0,288

Médias seguidas de mesma letra maiúscula, para bactéria, não diferem entre si pelo teste F (P>0,05). <sup>1</sup>*Azospirillum brasilense* <sup>2</sup>Nitrogênio <sup>3</sup>Interação entre *Azospirillum brasilense* e Nitrogênio.

**Tabela 13.** Açúcares solúveis totais (AST) e amido (AMD) dos cladódios da palma forrageira em função da aplicação de *Azospirillum brasilense* e adubação nitrogenada

Itens	BAC <sup>1</sup>		Nitrogênio (Kg ha <sup>-1</sup> )				CV	P-Valor		
	Com	Sem	0	50	100	150		BAC	N <sup>2</sup>	BACxN <sup>3</sup>
AST <sup>4</sup>	80,09B	103,74A	85,16	85,70	93,38	103,41	23,02	0,0047	0,3005	0,9525
AMD <sup>4</sup>	13,47B	17,29A	13,86	15,58	15,55	16,54	25,23	0,0113	0,5884	0,6589

Médias seguidas de mesma letra maiúscula, para bactéria, não diferem entre si pelo teste F (P>0,05). <sup>1</sup>*Azospirillum brasilense* <sup>2</sup>Nitrogênio <sup>3</sup>Interação entre *Azospirillum brasilense* e Nitrogênio <sup>4</sup>mg.g<sup>-1</sup> de massa seca.

Para as variáveis hemicelulose, celulose e lignina (HEM, CEL e LIG), não houve diferença significativa ( $P > 0,05$ ) para plantas submetidas a inoculação com *Azospirillum brasilense* ou adubada com nitrogênio (Tabela 14).

A lignina é um constituinte da célula vegetal de nula digestibilidade, portanto apresenta direta correlação com a digestibilidade da matéria seca e de seus componentes como a fibra bruta, e o restante da parede celular (celulose, hemicelulose e pectina) (Silva & Queiroz, 2002; Wanderley et al., 2012). Além dos baixos teores de lignina, as amostras da palma forrageira miúda ainda apresentam elevados teores de carboidratos não fibrosos, o que confirma sua elevada digestibilidade.

Não houve diferença significativa para inoculação e adubação nitrogenada ( $P > 0,05$ ), para as variáveis fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína, fibra em detergente ácido, extrato etéreo, matéria mineral e matéria orgânica (FDNcp, FDA, EE, MM e MO) (Tabela 14).

Os valores de FDNcp e FDA apresentam-se em quantidades relativamente baixas, o que faz com que a palma forrageira seja um alimento com baixo teor de fibras e elevada digestibilidade.

As variáveis proteína bruta, nitrogênio indigestível em detergente neutro e nitrogênio indigestível em detergente ácido (PB, NIDN e NIDA) não apresentam diferença significativa ( $P > 0,05$ ), para inoculação com bactéria ou níveis de adubação nitrogenada (Tabela 14).

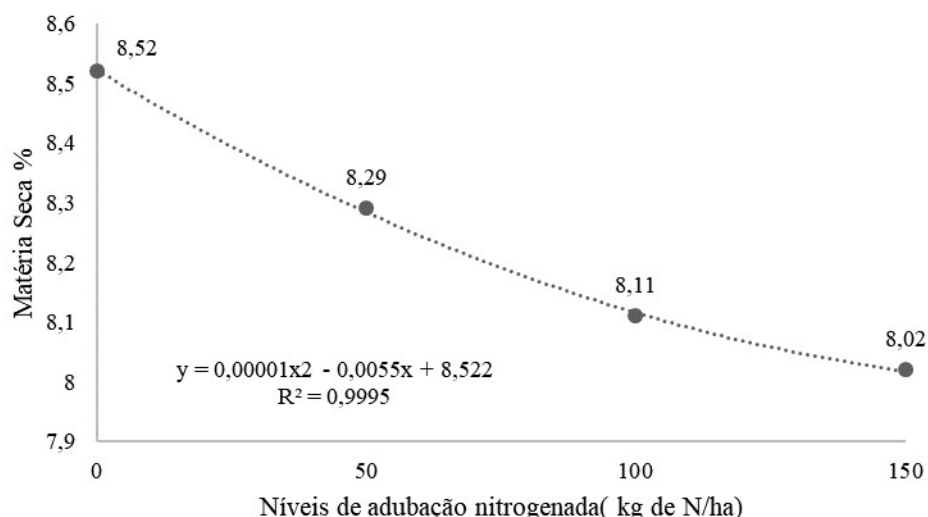
Os valores de PB (8,09% e 8,12%) foram semelhantes aos descritos por Dubeux Júnior et al., (2010) que encontrou valores próximos de 8%, para amostras de palma forrageira coletadas. Os valores para NIDN e NIDA foram consideravelmente baixos, uma vez que isso se deve ao baixo teor de fibras que a palma forrageira apresenta.

Araújo & Machado (2006), relatam que quanto maior os níveis de adubação nitrogenada maiores os teores de proteína das plantas, pois o nitrogênio absorvido além de atuar em inúmeras funções na planta, se acumulam na mesma, proporcionando aumento nos níveis de proteína, entretanto no presente estudo os teores não apresentaram diferença nem para os níveis de adubação nem para inoculação com *Azospirillum brasilense*.

Para a variável teor de matéria seca (MS), não houve diferença para as plantas inoculadas com a bactéria, entretanto quando as plantas receberam níveis de adubação nitrogenada demonstraram comportamento quadrático, onde fica evidente que a medida

que os níveis de adubação nitrogenada aumentaram o teor de matéria seca da planta diminuiu, podendo chegar a 7,8% quando se aplicar 275 kg<sup>-1</sup> de N ha<sup>-1</sup> (Figura 10).

Vitor et al. (2009) relata que a medida que os níveis de adubação nitrogenada aplicados na forragem crescem, a taxa de crescimento também acompanha esse crescimento, diminuindo o teor da fração fibrosa do vegetal, o que por sua vez pode diminuir o teor de MS.



**Figura 10.** Teor de matéria seca (MS) de palma forrageira miúda em função da adubação nitrogenada.

Não houve diferença significativa ( $P > 0,05$ ), entre os fatores estudados para carboidratos totais, carboidratos não fibrosos, nutrientes digestíveis totais, digestibilidades estimada da matéria seca, energia digestível estimada e energia metabolizável estimada (CHT, CNF, NDT, DMS, ED e EM) (Tabela 15).

Mesmo sem apresentar diferença significativa os níveis de CHT, CNF e NDT, foram altos o que garante ao alimento uma excelente qualidade nutricional. A palma forrageira possui como característica importante a alta produtividade de massa verde e massa seca por unidade de área aliada a um alto teor de carboidratos não fibrosos e nutrientes digestíveis totais (Magalhães et al., 2004; Wanderley et al., 2002; Melo et al., 2003; Cavalcanti et al., 2008).

Entretanto, esperava-se diferença nos teores de carboidratos não fibrosos para o fator inoculação, uma vez que essa diferença pôde ser observada nas variáveis AST e AMD. Tal fato pode ter ocorrido devido aos protocolos para análise bromatológica da

palma forrageira, pois para que as análises pudessem ser realizadas, fez-se necessário a lavagem das amostras para retirada da mucilagem.

A mucilagem é uma secreção que possui natureza variada e está presente em diversas plantas, é um composto rico polissacarídeos e heteropolissacarídeos, além de proteínas e soluções fenólicas, que em contato com água tornam-se viscosas (Scott & Bystrom 1970; Rocha et al. 2002; Pimentel et al. 2011).

Devido a palma forrageira possuir abundância em mucilagem, e tal composto ser retirado para realização das análises bromatológicas, pode-se inferir que os valores de CNF, CHT e NDT possam estar sendo subestimados, devido a remoção de açúcares e amido das amostras, o que não aconteceu para análise fisiológica de AST e AMD, onde as amostras foram diluídas e a mucilagem não apresentou problema para análise na metodologia utilizada.

Houve diferença significativa para o fator inoculação ( $P < 0,05$ ), para as variáveis produção de matéria seca  $\text{ha}^{-1}$ ,  $\text{kg}^{-1}$  de proteína produzido, renda bruta total da proteína produzida e renda líquida total da proteína produzida (KGMSHA, KGP, RBKGP e RLKGP), onde melhores resultados produtivos e de renda líquida por  $\text{kg}^{-1}$  de proteína produzido foram obtidos em plantas que foram submetidas a inoculação de *Azospirillum brasilense* (Tabela 16). Isso aconteceu devido as plantas submetidas a inoculação terem apresentado melhores resultados tanto para os aspectos de desenvolvimento quanto para aspectos produtivos.

Hungria (2011), apresenta resultados positivos quanto a produção, rentabilidade e viabilidade econômica da utilização da bactéria *A. brasilense* em culturas agrícolas como milho e trigo, destacando a importância da sua utilização para maximizar rendimentos e diminuir custos.

O fato dos níveis de adubação nitrogenada testados no presente estudo (0, 50, 100 e 150  $\text{kg ha}^{-1}$ ) não apresentar resultados significativos, vai de encontro aos resultados já apresentados por Silva et al. (2012) e Souza (2017), que identificaram aumento significativo na produção utilizando quantidades acima de 200  $\text{kg}$  de nitrogênio por hectare, destacando que doses menores não apresentam efeito significativo sobre a produção.

**Tabela 14.** Médias absolutas para matéria seca (MS), proteína bruta (PB), nitrogênio indigestível em detergente neutro (NIDN), nitrogênio indigestível em detergente ácido (NIDA), fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDNcp), fibra em detergente ácido (FDA), extrato etéreo (EE), material mineral (MM), material orgânico (MO), celulose (CEL), hemicelulose (HEM) e lignina (LIG) em função da Aplicação de *Azospirillum brasilense* e adubação nitrogenada

Itens	BAC <sup>1</sup>		Nitrogênio (Kg ha <sup>-1</sup> )				CV	P-Valor		
	Com	Sem	0	50	100	150		BAC	N <sup>2</sup>	BACxN <sup>3</sup>
MS <sup>4</sup>	8,14	8,34	y= 0,00001x <sup>2</sup> -0,0055x+8,522				4,07	0,104	0,036	0,124
PB <sup>5</sup>	8,09	8,12	8,18	7,94	8,25	8,04	6,59	0,856	0,677	0,163
NIDN <sup>5</sup>	0,86	0,96	0,87	0,9	0,92	0,95	21,76	0,145	0,857	0,945
NIDA <sup>5</sup>	0,25	0,25	0,26	0,25	0,25	0,26	11,12	0,926	0,846	0,706
FDNcp <sup>5</sup>	30,32	28,2	30,55	31,88	27,59	27,03	20,85	0,338	0,346	0,549
FDA <sup>5</sup>	13,83	13,62	13,76	13,86	13,95	13,32	6,82	0,536	0,549	0,177
EE <sup>5</sup>	2,27	2,34	2,34	2,10	2,36	2,4	19,56	0,657	0,556	0,932
MM <sup>5</sup>	20,58	19,24	20,36	20,86	19,04	19,38	10,81	0,091	0,325	0,798
MO <sup>5</sup>	79,41	80,75	79,63	79,13	80,95	80,61	2,68	0,091	0,325	0,798
CEL <sup>5</sup>	13,25	12,95	13,13	13,20	13,34	12,67	6,76	0,312	0,479	0,141
HEM <sup>5</sup>	9,42	9,05	9,31	9,34	9,49	8,81	11,91	0,352	0,641	0,205
LIG <sup>5</sup>	0,58	0,69	0,63	0,66	0,61	0,64	31,67	0,122	0,955	0,975

Médias não diferem entre si pelo teste F (P>0,05). <sup>1</sup>*Azospirillum brasilense* <sup>2</sup>Nitrogênio <sup>3</sup>Interação entre *Azospirillum brasilense* e Nitrogênio <sup>4</sup>0% <sup>5</sup>%MS.

**Tabela 15.** Carboidratos totais (CHT), carboidratos não fibrosos (CNF), nutrientes digestíveis totais (NDT), digestibilidade estimada da matéria seca (DMS), energia digestível estimada (ED), e energia metabolizável estimada (EM) da palma forrageira em função da aplicação de *Azospirillum brasilense* e adubação nitrogenada

Itens	BAC <sup>1</sup>		Nitrogênio (Kg ha <sup>-1</sup> )				CV	P-Valor		
	Com	Sem	0	50	100	150		BAC	N <sup>2</sup>	BACxN <sup>3</sup>
CHT <sup>4</sup>	69,05	70,28	69,1	69,08	70,33	70,15	3,31	0,144	0,582	0,811
CNF <sup>4</sup>	27,62	29,23	26,47	25,74	30,66	30,84	17,20	0,363	0,093	0,266
NDT <sup>4</sup>	78,31	78,61	78,51	78,20	78,54	78,59	0,73	0,163	0,548	0,179
DMS <sup>5</sup>	78,3	78,63	78,52	78,18	78,55	78,61	0,82	0,163	0,548	0,179
ED <sup>6</sup>	3,45	3,46	3,46	3,44	3,46	3,46	0,73	0,163	0,548	0,179
EM <sup>6</sup>	2,83	2,84	2,83	2,82	2,83	2,84	0,73	0,163	0,548	0,179

Médias não diferem entre si pelo teste F (P>0,05). <sup>1</sup>*Azospirillum brasilense* <sup>2</sup>Nitrogênio <sup>3</sup>Interação entre *Azospirillum brasilense* e Nitrogênio <sup>4</sup>%MS <sup>5</sup>%NDT <sup>6</sup>Kcal/kg NDT.

**Tabela 16.** Produção de matéria seca ha<sup>-1</sup> (KGMSHA), kg ha<sup>-1</sup> de proteína produzido (KGP), renda bruta total da proteína produzida (RBKGP) e renda líquida total da proteína produzida (RLKGP) em função da aplicação de *Azospirillum brasilense* e adubação nitrogenada

Itens	BAC <sup>1</sup>		Nitrogênio (Kg ha <sup>-1</sup> )				CV	P-Valor		
	Com	Sem	0	50	100	150		BAC	N <sup>2</sup>	BACxN <sup>3</sup>
KGMSHA <sup>4</sup>	23.813A	16.695B	18.537	19.301	20.974	22.203	18,97	0,0001	0,249	0,229
KGP <sup>4</sup>	1.922A	1.356B	1.524	1.503	1.742	1.788	19,64	0,0001	0,207	0,070
RBKGP <sup>5</sup>	27.154A	19.151B	21.533	21.226	24.600	25.251	19,64	0,0001	0,207	0,070
RLKGP <sup>5</sup>	20.357A	12.504B	15.378	14.693	17.689	17.963	27,68	0,0001	0,395	0,070

Médias seguidas de mesma letra maiúscula, para bactéria, não diferem entre si pelo teste F (P>0,05). <sup>1</sup>*Azospirillum brasilense* <sup>2</sup>Nitrogênio <sup>3</sup>Interação entre *Azospirillum brasilense* e Nitrogênio <sup>4</sup>kg ha<sup>-1</sup> <sup>5</sup>RS.

## V CONCLUSÃO

A utilização de *Azospirillum brasilense* contribui positivamente para o desenvolvimento e produtividade da palma forrageira miúda, com redução dos custos de produção e aumento dos rendimentos, trazendo maior retorno econômico.

A utilização de adubação nitrogenada não promoveu efeitos significativos sobre a produtividade da cultura nas doses utilizadas.

## VI REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERLEY, W.L.; FERREIRA, M.A.; ANDRADE, D.K.B. VÉRAS, A.S.C.; FARIAS, I.; LIMA, L. E.; DIAS, A.M.A. Palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill) em substituição à silagem de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) na alimentação de vacas leiteiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.1, p.273-281, 2002.

ARAÚJO, P. R. B.; FERREIRA, M. DE A.; BRASIL, L. H. DE A.; SANTOS, D. C. DOS; LIMA, R. M. B.; VÉRAS, A. S. C.; SANTOS, M. V. F. dos; BISPO, S. V.; AZEVEDO, M. de. Substituição do milho por palma forrageira em dietas completas para vacas em lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p.1850-1857, 2004.

ARAÚJO, A. P.; MACHADO, C. T. DE T. FÓSFORO. In: Fernandes, M. S. (Ed.) **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa-MG: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 2006. p.253-280.

BASHAN, Y.; BASHAN, L. E. How the plant growth-promoting bacterium *Azospirillum* promotes plant growth a critical assessment. In: **Advances in agronomy**. Academic Press, 2010. p. 77-136.

BASHAN, Y.; HOLGUIN, G.; BASHAN, L. E. de. *Azospirillum-plant* relationships: physiological, molecular, agricultural, and environmental advances (1997-2003). **Canadian Journal of Microbiology**, v.50, p.521-577, 2004.

BATISTA, A. M. V.; MUSTAFA, A. F.; MCALLISTER, T.; WANG, Y.; SOITA, H.; MCKINNON, J. Effects of variety on chemical composition, in situ nutrient disappearance and in vitro gas production of spineless cactus. **Journal Science and Food Agriculture**. v.83, n.3, p.440-445, 2003.

CASSÁN, F. D.; GARCIA DE SALAMONE, I. *Azospirillum sp.*: cell physiology, plant interactions and agronomic research in Argentina. **Asociación Argentina de Microbiología, Argentina**, v. 266, 2008.

CAVALCANTI, C.V.A.; FERREIRA, M.A.; CARVALHO, M.C.; VÉRAS, A.S.C.; SILVA, F.M.; LIMA, L.E. Palma forrageira enriquecida com ureia em substituição ao feno de capim tifton 85 em rações para vacas da raça Holandesa em lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.4, p.689-693, 2008.

COSTA, N. deL.; GIANLUPPI, V.; MORAES, A. de. Produtividade de forragem e morfogênese de *Trachypogon vestitus*, durante o período seco, em área de cerrado, Roraima. **Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas**, v.6, p.93-103, 2012.



COSTA, M. R. G. F.; CARNEIRO, M. S. S.; PEREIRA, E. S. FEITOSA, J. V.; SALES, R. O.; MORAIS NETO, L. B. DE; PEIXOTO, M. J. A. Produção e composição química da palma forrageira micropropagada in vitro. **Revista Brasileira Saúde Produção Animal**, v.11, n.4, p.953-960, 2010.

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

DETMANN, E.; SOUZA, M.A.; VALADARES FILHO, S.C.; QUEIROZ, A.C.; BERCHIELLI, T.T.; SALIBA, E.O.S.; CABRAL, L.S.; PINA, D.S.; LADEIRA, M.M.; AZEVEDO, J.A.G. **Métodos para Análise de Alimentos** - INCT - Ciência Animal. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2012. 214p.

DISCHE, Z. General color reactions. In: WHISTLER, R. L.; WOLFRAM, M. L. Carbohydrate chemistry. **New York: Academic Press**, p.477-520. 1962.

DOBBELAERE, Sofie et al. Respostas de culturas agronomicamente importantes à inoculação com *Azospirillum*. **Functional Plant Biology**, v. 28, n. 9, pág. 871-879, 2001.

DOBEREINER, J.; PEDROSA, F. O. **Nitrogen-fixing bacteria in nonleguminous crop plants**. Science Tech Publishers, 1987.

DOBBELAERE, S.; CROONENBORGHES, A.; THYS, A.; PTACEK, D.; OKON, Y.; VANDERLEYDEN, J. Effect of inoculation with wild type *Azospirillum brasilense* and *A. irakense* strains on development and nitrogen uptake of spring wheat and grain maize. **Biology and Fertility of Soils**, v.36, p.284-297, 2002.

DONATO, P. E. R. Avaliação bromatológica, morfológica, nutricional e de rendimento em palma forrageira sob diferentes espaçamentos e doses de esterco bovino. Itapetinga: Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 2011. 134p. **Tese Doutorado**.

DUBEUX JÚNIOR, J. C. B. et al. Adubação mineral no crescimento e composição mineral da palma forrageira Clone IPA-20. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 5, n. 1, p. 129-135, 2010.

DUBEUX JÚNIOR, J.C.B.; SANTOS, M.V.F. Exigências nutricionais da palma forrageira. In: MENEZES, R.S.C.; SIMÕES, D.A.; SAMPAIO, E.V.S.B. (Eds.) **A palma no Nordeste do Brasil: conhecimento atual e novas perspectivas de uso**. Recife: UFPE, p.105-127, 2005.

FIORI, C. C. L.; BARTCHECHEN, A.; WATANABE, S. H.; GUARIDO, R. C. Efeito da inoculação de *Azospirillum brasiliense* na produtividade da cultura do milho (*Zea mays* L.). **Campo Digital**, v.5, p.56-59, 2011.

GOPALSWAMY, G.; VIDHYASEKARAN, P. Effect of *Azospirillum lipoferum* inoculation and inorganic nitrogen on wetland rice. **Oryza**, v. 26, p. 378-380, 1988.

HARTMANN, A.; SINGH, M.; KLINGMÜLLER, W. Isolation and characterization of *Azospirillum* mutants excreting high amounts of indoleacetic acid. **Canadian Journal of Microbiology**, v. 29, n. 8, p. 916-923, 1983.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; SOUZA, E. M.; PEDROSA, F. O. Inoculation with selected strains of *Azospirillum brasilense* and *A. lipoferum* improves yields of maize and wheat in Brazil. **Plant Soil**, v.331, p.413-425, 2010.

HUNGRIA, M. **Inoculação com *Azospirillum brasilense*: inovação em rendimento a baixo custo**. Londrina: Embrapa Soja, 2011. 36 p. (Documentos, n. 325).

LANA, M. do C.; DARTORA, J.; MARINI, D.; HANN, J. E. H. Inoculation with *Azospirillum*, associated with nitrogen fertilization in maize. **Revista Ceres**, v.59, p.399-405, 2012.

LEMAIRE, G.; CHAPMAN, D. Tissue flows in grazed plant communities. In: HODGSON, J.; ILLIUS, A. W. (Eds.). **The ecology and management of grazing systems**. London: CAB International, 1996. p.3-36.

MAGALHÃES, M.C.S.; VÉRAS, A.S.C.; FERREIRA, M.A.; CARVALHO, F.F.R, CECON, P.R.; MELO, J.N.; MELO, W.S.; PEREIRA, J.T. Inclusão de cama de frango em dietas à base de Palma Forrageira (*Opuntia ficusindica* Mill) para vacas mestiças em lactação. 1. Consumo e produção. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p.1897-1908, 2004.

MELO, A.A.S.; FERREIRA, M.A.; VERAS, A.S.C.; LIRA, M. A.; LIMA, L. E.; VILELA, M. S.; MELO, E. O. S.; ARAÚJO, P. R. B. Substituição parcial do farelo de soja por ureia e palma forrageira em dietas para vacas em lactação. Digestibilidade. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.25 n.2, p.339-345, 2003.

MELO, A. A. S. DE; FERREIRA, M. DE A.; VÉRAS, A. S. C.; LIRA, M. DE A.; LIMA, L. E. DE; VILELA, M. DA S.; MELO, E. O. S. DE; ARAÚJO, P. R. B. Substituição parcial do farelo de soja por uréia e palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill) em dietas para vacas em lactação. I. Desempenho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.3, p.727-736, 2003.

MOREIRA, F. M. DE S.; SILVA, K. DA; NÓBREGA, R. S. A.; CARVALHO, F. de. Bactérias diazotróficas associativas: Diversidade, ecologia e potencial de aplicações. **Comunicata Scientiae**, v.1, p.74-99, 2010.

MOUBAYIDIN, L.; DI MAMBRO, R.; SABATINI, S. Cytokinin-auxin crosstalk. **Trends Plant. Sci.** n.14, p.557-562, 2009.

NAKHOODA, M.; WATT, M.P.; MYCOCK, D. The properties and interaction of auxins and cytokinins influence rooting of shoot cultures of Eucalyptus. **African Journal of Biotechnology**, v.11, n.100, p.16568-16578, 2012.

NEDER, D.G.; COSTA, F.R. da; EDVAN, R.L.; SOUTO FILHO, L.T. Correlations and path analysis of morphological and yield traits of cactus pear accessions. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.13, p.203-207, 2013.

NOGUEIRA, M.P. **Gestão de custos e avaliação de resultados: agricultura e pecuária**. Bebedouro: Scot Consultoria, 2004. 219 p.

OKON, Y.; LABANDERA-GONZALEZ, C. Agronomic application of *Azospirillum*: An evaluation of 20 years worldwide field incubation. **Soil Biology and Biochemistry**, v.26, p.1591- 1601, 1994.

PINHEIRO, K. M.; SILVA, T. G. F. da; CARVALHO, H. F. de S.; SANTOS, J. E. O.; MORAIS, J. E. F. de; ZOLNIER, S.; SANTOS, D. C. dos. Correlações do índice de área do cladódio com características morfogênicas e produtivas da palma forrageira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [S.L.], v. 49, n. 12, p. 939-947, dez. 2014.

PINHEIRO, K. M.; SILVA, T. G. F. da; DINIZ, W. J. S.; CARVALHO, H. F. de S.; MOURA, M. S. B. Indirect methods for determining the area index of forage cactus cladodes. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 45, n. 2, p. 163-171, 2015.

PIMENTEL, R.R.; MACHADO, S.R. & ROCHA, J.F. 2011. Estruturas secretoras de *Pavonia alnifolia* (Malvaceae), uma espécie ameaçada de extinção. **Rodriguésia** 62(2): 253-262.

RADWAN, T. E. E.; MOHAMED, Z. K.; REIS, V. M. Efeito da inoculação de *Azospirillum* e *Herbaspirillum* na produção de compostos indólicos em plântulas de milho e arroz. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, p.987-994, 2004.

REIS JUNIOR, F. B.; SILVA, M. F.; TEIXEIRA, K. R. S.; URQUIAGA, S.; REIS, V. M.. Identificação de isolados de *Azospirillum amazonense* associados a *Brachiaria spp.*, em diferentes épocas e condições de cultivo e produção de fitormônio pela bactéria. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [S.L.], v. 28, n. 1, p. 103-113, fev. 2004.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. V. H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em minas gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 43-60.

ROCHA, J. F.; NEVES, L. D. J., & PACE, L. B. Leaf secretory structures in *Hibiscus tiliaceus* L. and *Hibiscus pernambucensis* Arruda. **Revista Universidade Rural. Série Ciências da Vida**, v. 22, n. 1, p. 43-55, 2002.

RODRIGUES, R. C. Métodos de análises bromatológicas de alimentos: métodos físicos, químicos e bromatológicos. **Embrapa Clima Temperado-Documents (INFOTECA-E)**, 2010.

SCOTT, F. M.; BYSTROM, B. G. Mucilaginous idioblasts in Okra, *Hibiscus esculentus* L. **Botanical journal of the Linnean Society**, 1970.

SILVA, N.G. de M. e; LIRA, M. de A.; SANTOS, M.V.F. dos; DUBEUX JÚNIOR, J.C.B.; MELLO, A.C.L. de; SILVA, M. da C. Relação entre características morfológicas e produtivas de clones de palma-forrageira. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.2389-2397, 2010.

SILVA, J. A., BONOMO, P., DONATO, S. L., PIRES, A. J., SILVA, F. F., & DONATO, P. E. Composição bromatológica de palma forrageira cultivada em diferentes espaçamentos e adubações química. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias - Brazilian Journal Of Agricultural Sciences**, [s.l.], v. 8, n. 2, p.342-350, 29 jun. 2012.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos)**. 3 ed. Viçosa: UFV, 235p., 2002.

SNIFFEN, C.J., O'CONNOR, J.D., VAN SOEST, P.J et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v.70, p.3562-3577, 1992.

SOUZA, T. C., DOS SANTOS, M. V. F., JÚNIOR, J. C. B. D., DE ANDRADE LIRA, M., DOS SANTOS, D. C., DA CUNHA, M. V., & DA SILVA, R. R. Productivity and nutrient concentration in spineless cactus under different fertilizations and plant densities. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias - Brazilian Journal Of Agricultural Sciences**, [s.l.], v. 12, n. 4, p.555-560, 30 dez. 2017.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 954 p.

TELES, M. M.; SANTOS, M. V.; DUBEUX JÚNIOR, J. C. B.; BEZERRA NETO, E.; FERREIRA, R. L. C.; LUCENA, J. E. C.; LIRA, M. A. Efeitos da Adubação e de Nematicida no Crescimento e na Produção da Palma Forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill) cv. Gigante. **Revista Brasileira de Zootenia**, v.31, n.1, p.52-60, 2002.

TOSTO, M.; ARAÚJO, G.; OLIVEIRA, R.; BAGALDO, A.; DANTAS, F.; MENEZES, D.; CHAGAS, E. Composição química e estimativa de energia da palma forrageira e do resíduo desidratado de vitivinícolas. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.8, n.3, p.239-249, 2007.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2.ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476p.

VITOR, C. M. T. et al. Produção de matéria seca e valor nutritivo de pastagem de capim-elefante sob irrigação e adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, [S.L.], v. 38, n. 3, p. 435-442, mar. 2009.

WANDERLEY, W. L. et al. Consumo, digestibilidade e parâmetros ruminais em ovinos recebendo silagens e fenos em associação à palma forrageira. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 13, n. 2, p. 444-456, 2012.

WATT, Derek A.; MCCORMICK, Alistair J.; CRAMER, Michael D. Source and sink physiology. **Sugarcane: physiology, biochemistry, and functional biology**, p. 483-520, 2013.

WEISS, W.P. **Energy prediction equations for ruminant feeds**. In: Cornell Nutrition Conference For Feed Manufacturers, 61, 1999, Ithaca: Cornell University, p.176-185, 1999.