



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
BAIANO – CAMPUS GUANAMBI

DOUGLAS GUIMARÃES NEVES

CLADÓDIO REFERÊNCIA PARA AVALIAÇÃO DO
ESTADO NUTRICIONAL DE PALMA FORRAGEIRA

GUANAMBI – BA
2025



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
BAIANO – CAMPUS GUANAMBI

DOUGLAS GUIMARÃES NEVES

CLADÓDIO REFERÊNCIA PARA AVALIAÇÃO DO ESTADO NUTRICIONAL DE PALMA FORRAGEIRA

Monografia apresentada ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano – *Campus Guanambi* como parte dos requisitos necessários para a obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Agrônômica.

Prof. Dr. Sérgio Luiz Rodrigues Donato
Orientador

GUANAMBI – BA
2025



**Ministério da Educação
Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano
Campus Guanambi Declaração**

329/2025 - GBI-CGE/GBI-DDE/GBI-DG/RET/IFBAIANO

DOUGLAS GUIMARÃES NEVES

**CLADÓDIO REFERÊNCIA PARA AVALIAÇÃO DO ESTADO NUTRICIONAL DE
PALMA FORRAGEIRA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano – *Campus* Guanambi como parte dos requisitos necessários para a obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Agrônoma.

APROVADO em 18 de junho de 2025.

Dr. Sérgio Luiz Rodrigues Donato,
(Presidente da Banca - Orientador)
IF Baiano

Dr. Alessandro de Magalhães Arantes, Membro
Interno - IF Baiano

Dr. Pedro Ricardo Rocha Marques,
Membro Interno - IF Baiano

Documento assinado eletronicamente por:

- **Sergio Luiz Rodrigues Donato, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 18/06/2025 10:46:36.
- **Alessandro de Magalhaes Arantes, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 18/06/2025 11:05:09.
- **Pedro Ricardo Rocha Marques, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 18/06/2025 11:06:35.
- **DOUGLAS GUIMARÃES NEVES, 20181GBI01GB0005 - Discente**, em 18/06/2025 11:10:23.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 17/06/2025. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifbaiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código 711464
Verificador: 3817be5c9b
Código de
Autenticação:



Distrito de Ceraíma, S/N, Zona Rural, GUANAMBI / BA, CEP 46430-000

Fone: (77) 3493-2100

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, expresso minha gratidão a Deus por ter me permitido alcançar este ponto. Agradeço também aos meus pais, Clemente Guimarães neves e Divina Neves da silva e a minha irmã Daniele Guimarães neves, pelo apoio incondicional em todos os momentos e decisões, aos meus colegas, que tornaram o percurso da graduação mais leve e prazeroso, em particular a Rômulo Souza, que foi essencial para a viabilização deste experimento e ofereceu um suporte inestimável em suas atividades. Aos professores do Instituto Federal Biano pelos ensinamentos passados ao longo do curso. Por fim, e de forma especial, ao meu orientador, Sérgio Luiz Rodrigues Donato, cujo auxílio foi primordial em todas as etapas da pesquisa.

RESUMO

NEVES, Douglas Guimarães. **Cladódio referência para avaliação do estado nutricional de palma forrageira**: 2025. 11 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Engenharia Agrônômica. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano – *Campus* Guanambi. Guanambi-BA, 2025.

A avaliação do estado nutricional da palma forrageira permite conhecer a dinâmica de nutrientes no sistema solo-planta e corrigir possíveis desordens nutricionais. Na prática amostram-se os cladódios intermediários ou mistura de cladódios de diferentes estratos da planta. Ocorre que os teores de nutrientes podem diferir em cada parte da estrutura da planta e com as cultivares, o que requer uma padronização quanto a parte da amostrada para a correta interpretação do estado nutricional. Dessa forma, objetivou-se definir o cladódio referência para avaliação do estado nutricional das cultivares da palma forrageira Gigante, Orelha de Elefante Mexicana e Miúda. Para tanto, foram conduzidos três experimentos, representados pelas cultivares, em delineamento experimental inteiramente casualizado, com três tratamentos, constituídos por três ordens de amostragem dos cladódios (2^a, 3^a e 4^a ordem), com 32 repetições, totalizando 96 unidades experimentais. Foram coletadas as amostras das três ordens dos cladódios, cerca de um quilo por unidade experimental, secas em estufa de ventilação forçada até massa constante, estimado o teor de matéria seca e enviadas para o laboratório para determinação dos teores de nutrientes. Os dados foram submetidos ao teste de normalidade de Lilliefors, análise de variância e as médias dos teores de matéria seca e de nutrientes nas diferentes ordens de cladódios comparadas pelo teste Tukey a 10% de significância. Como análises complementares foram calculadas as frequências de ocorrência das classes de interpretação utilizando valores de referência gerados pela técnica da Faixa de Suficiência - FS, métodos dos Índices Balanceados de Kenworthy - IBK, e Linha de Fronteira - LF. Os cladódios de segunda ordem representam 58,33% dos casos com menores teores de nutrientes comparado às demais ordens, enquanto os cladódios de quarta ordem expressam teores maiores em 25,00% dos casos para as cultivares Gigante e Miúda. Exceção ocorreu para a ‘Orelha de Elefante Mexicana’ que apresentou 25,00% dos casos com teores de nutrientes menores nos cladódios de segunda ordem comparados aos de terceira. A alta fertilidade do solo e o aporte de nutrientes elevam os teores dos nutrientes nos cladódios, evidenciados pela predominância da classe diagnóstica suficiente nas diferentes cultivares, avaliadas por diferentes métodos nas diferentes ordens. Os cladódios de terceira ordem apresentam valores intermediários e classificados como suficientes, o que indica maior estabilidade nos mesmos, sendo considerados referência para amostrar e avaliar o estado nutricional da palma forrageira.

PALAVRAS- CHAVE: *Opuntia*; *Nopalea*; análise de tecido; dinâmica nutricional; ordens dos cladódios.

ABSTRACT

NEVES, Douglas Guimarães. **Reference cladode for assessment the nutritional status of forrage cactus**: 2025. 11 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Engenharia Agrônômica. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano – Campus Guanambi. Guanambi-BA, 2025.

Assessing the nutritional status of fodder palm allows us to understand the dynamics of nutrients in the soil-plant system and correct possible nutritional disorders. In practice, intermediate cladodes or a mixture of cladodes from different strata of the plant are sampled. In practice, intermediate cladodes or a mixture of cladodes from different strata of the plant are sampled. Nutrient levels can differ in each part of the plant structure and between cultivars, which requires standardization in terms of the part sampled in order to correctly interpret the nutritional status. The aim was therefore to define the reference cladode for assessing the nutritional status of the forage palm cultivars Gigante, Orelha de Elefante Mexicana, and Miúda. To this end, three experiments were conducted, represented by the cultivars, in a completely randomized experimental design, with three treatments, consisting of three orders of cladode sampling (2nd, 3rd and 4th order), with 32 replications, totaling 96 experimental units. Samples of the three orders of cladodes were collected, about one kilogram per experimental unit, dried in a forced ventilation oven until constant mass, the dry matter content was estimated and sent to the laboratory to determine the nutrient content. The data was subjected to the Lilliefors normality test, analysis of variance and the means of the dry matter and nutrient contents in the different cladode orders compared using the Tukey test at 10% significance. As a complementary analysis, the frequencies of occurrence of the interpretation classes were calculated using reference values generated by the Sufficiency Range (SR) technique, the Balanced Kenworthy Index (KKI), and the borderline (BL) methods. The second-order cladodes represent 58.33% of the cases with lower nutrient contents compared to the other orders, while the fourth-order cladodes express higher contents in 25.00% of the cases for the Gigante and Miúda cultivars. The exception was 'Orelha de Elefante Mexicana', which had 25.00% lower nutrient content in the second-order cladodes compared to the third-order cladodes. High soil fertility and nutrient inputs increase the nutrient levels in the cladodes, as evidenced by the predominance of the sufficient diagnostic class in the different cultivars, evaluated by different methods in the different orders. The third-order cladodes have intermediate values and are classified as sufficient, which indicates greater stability, and are considered a reference for sampling and assessing the nutritional status of forage palm.

Translated with DeepL.com (free version)

KEYWORDS: *Opuntia*; *Nopalea*; tissue analysis; nutritional dynamics; order of cladodes.

Listra de figuras

Figura 1: Temperatura máxima e mínima, umidade relativa média mensal (A), precipitação e evapotranspiração de referência máxima mensal (B) durante o período experimental. Guanambi, BA, 2021-2023.....	18
Figura 2: Cultivares Orelha de Elefante Mexicana, Miúda e Gigante (A) e disposição do croqui da unidade experimental (B).....	20
Figura 3: Composição dos diferentes extratos da palma forrageira.....	21
Figura 4: Amostragem do cladódio com serra copo acoplada a furadeira (A); retirada da amostra da serra copo (B).....	21
Figura 5: Seccionando as amostras para análise (A); Amostras na estufa de ventilação forçada (B).....	22
Figura 6: Parcelas colhidas(A); Pesagem dos cladódios com balança industrial e auxílio de uma caixa plástica (B); Autor iniciando a colheita (C).....	23
Figura 7: Posição do cladódio a ser amostrado para avaliação do estado nutricional e detalhe da retirada da amostra simples em palma forrageira.....	29
Figura 8: Frequência relativa das classes diagnósticas de teores de nutrientes nos cladódios da 2ª, 3ª e 4ª ordem, da palma forrageira cultivar Gigante, de acordo com as abordagens estabelecidas com (A) Faixa de Suficiência, FS (Alves et al., 2019a,b), (B) Índices Balanceados de Kenworthy, IBK (Teixeira et al., 2021) e (C) Linha de Fronteira, LF (Teixeira et al., 2024) para a cultivar Gigante. Guanambi, BA, 2021-2023.....	29
Figura 9: Frequência relativa das classes diagnósticas de teores de nutrientes nos cladódios da 2ª, 3ª e 4ª ordem, da palma forrageira cultivar Orelha de Elefante Mexicana, de acordo com as abordagens estabelecidas com (A) Faixa de Suficiência, FS (Alves et al., 2019a,b), (B) Índices Balanceados de Kenworthy, IBK (Teixeira et al., 2021) e (C) Linha de Fronteira, LF (Teixeira et al., 2024) para a cultivar Gigante. Guanambi, BA, 2021-2023.....	30

Figura 10: Frequência relativa das classes diagnósticas de teores de nutrientes nos cladódios da 2ª, 3ª e 4ª ordem, da palma forrageira cultivar Miúda, de acordo com as abordagens estabelecidas com (A) Faixa de Suficiência, FS (Alves et al., 2019a,b), (B) Índices Balanceados de Kenworthy, IBK (Teixeira et al., 2021) e (C) Linha de Fronteira, LF (Teixeira et al., 2024) para a cultivar Gigante. Guanambi, BA, 2021-2023..... 30

Lista de tabelas

Tabela 1: Atributos químicos do solo da área experimental sob a cultivar Orelha de Elefante Mexicana, um ano após o plantio e após as colheitas do segundo, terceiro e quarto ciclos. Guanambi, BA, 2020-2024.....	19
Tabela 2: Atributos químicos do solo da área experimental sob a cultivar Miúda, um ano após o plantio e após as colheitas do segundo, terceiro e quarto ciclos. Guanambi, BA, 2020-2024.	19
Tabela 3: Atributos químicos do solo da área experimental sob a cultivar Gigante, um ano após o plantio e após as colheitas do segundo, terceiro e quarto ciclos. Guanambi, BA, 2020-2024.....	20
Tabela 4: Resumo da análise de variância, com os respectivos quadrados médios, para teores matéria seca, macronutrientes e micronutrientes, em função da ordem do cladódio, para a palma forrageira cultivar Gigante. Guanambi, BA, 2021-2023.....	24
Tabela 5. Resumo da análise de variância, com os respectivos quadrados médios, para teores matéria seca, macronutrientes e micronutrientes, em função da ordem do cladódio, para a palma forrageira cultivar Orelha de Elefante Mexicana. Guanambi, BA, 2021-2023.....	24
Tabela 6. Resumo da análise de variância, com os respectivos quadrados médios, para teores matéria seca, macronutrientes e micronutrientes, em função da ordem do cladódio, para a palma forrageira cultivar Miúda. Guanambi, BA, 2021-2023.....	24
Tabela 7: Variação dos teores de matéria seca (MS), macronutrientes micronutrientes com a ordem dos cladódios, para palma forrageira ‘Gigante’. Guanambi, BA, 2021-2023.....	25
Tabela 8: Variação dos teores de matéria seca (MS), macronutrientes micronutrientes com a ordem dos cladódios, para palma forrageira ‘Orelha de Elefante Mexicana’. Guanambi, BA, 2021-2023.....	26

Tabela 9: Variação dos teores de matéria seca (MS), macronutrientes micronutrientes com a ordem dos cladódios, para palma forrageira ‘Miúda’. Guanambi, BA, 2021-2023.....	27
--	----

Lista de abreviações

B	Boro
Ca	cálcio
Cu	Cobre
DRIS	Sistema integrado de diagnóstico e recomendação
Fe	Ferro
FS	Faixa de Suficiência
IBK	Índices Balanceados de Kenworthy
K	Potássio
Mg	magnésio
Mn	Manganês
MS	Matéria seca
N	Nitrogênio
Na	Sódio
OEM	Orelha de elefante mexicana
P	Fósforo
PMS	Produtividade de matéria seca
PMV	Produtividade de matéria verde
S	Enxofre
Zn	Zinco
CTC	Capacidade de troca catiônica
pH	Potencial hidrogeniônico

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. REFERENCIAL TEÓRICO.	14
3. MATERIAL E MÉTODOS	18
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
5. CONCLUSÕES.....	32
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33

1. INTRODUÇÃO

A palma forrageira é uma planta adaptada à seca o que a torna uma das principais opções de forragem no semiárido Brasileiro. Essa planta apresenta alta produtividade de matéria seca (Lédo et al., 2021) com qualidade nutricional (Matos et al., 2024).

Na busca por um cultivo sustentável, conhecer os fatores que interferem no rendimento da cultura é de suma importância para definição de estratégias de manejo. Dentre os fatores mais limitantes no processo produtivo, está a nutrição de plantas, onde a máxima produtividade é limitada pelo elemento em menor quantidade. Dessa forma, para efetuar o uso racional e eficiente dos fertilizantes é necessário avaliar o estado nutricional da lavoura, a fim de conhecer o nutriente limitante de produtividade, onde será avaliado a possibilidade ou não de uma intervenção. Para obtenção desse diagnóstico, é necessário a realização da análise foliar, que irá fornecer um panorama do estado de nutrição da planta (EVANS, 1979).

Apesar de ser realizada a adubação via solo, fatores como o pH e as relações antagônicas entre os nutrientes, podem tornar alguns destes indisponíveis para a planta, onde o diagnóstico visual pode ser falho e resultar em perdas de produtividade. Sendo assim, a análise de tecido consiste num dos melhores extratores para avaliar a disponibilidade e a dinâmica dos nutrientes no solo (MALAVOLTA et al., 1989; VIEIRA et al., 2010; ALVES et al., 2019).

As plantas apresentam teores de nutrientes diferentes em cada parte de sua estrutura, o que requer uma padronização quanto a parte da planta a ser coletada, posição, idade do cladódio, número de cladódios por planta. Estruturas mais novas podem apresentar maiores concentrações de determinados nutrientes pelo seu menor tamanho, enquanto estruturas mais velhas podem expressar menores concentrações de nutrientes pelo seu maior tamanho e pelo efeito de dreno demandado pelas partes mais jovens. Esses são os conhecidos efeitos de concentração/diluição. A coleta em diferentes extratos pode dissimular a situação nutricional da planta, uma vez que os nutrientes possuem mobilidade específica (Marschner, 2012), o que pode ocasionar erros na interpretação. Assim, saber onde amostrar para a devida interpretação das faixas de suficiência permite atuar de forma assertiva na recomendação de fertilizantes reduzindo custos de produção.

Para a palma forrageira se encontra disponível trabalhos com faixas de suficiência para macro e micronutrientes (Alves et al., 2019a, b), normas DRIS (sistema integrado de diagnóstico e recomendação (Teixeira et al., 2019), valores de referências nutricionais pelos métodos DRIS e BIK (Balanced Indexes of Kenworthy) (Teixeira et al., 2021) e pelo método

da Linha de Fronteira (Teixeira et al., 2024). Apesar disso, os autores não descrevem uma metodologia específica para amostragem dos cladódios quanto a posição na planta, o que gera dúvidas e perda de tempo durante a amostragem devido a coleta em diferentes extratos da planta. Esse procedimento pode mascarar o resultado da análise, sendo pouco representativa e com certo grau de empirismo. O conhecimento da fisiologia da planta, em especial a dinâmica nutricional entre as ordens dos cladódios, possibilita a definição de um cladódio referência para amostragem.

Dessa forma, objetivou-se definir o cladódio referência para avaliação do estado nutricional das cultivares da palma forrageira Gigante, Orelha de Elefante Mexicana e Miúda.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

O semiárido brasileiro é caracterizado por precipitação pluviométrica média anual igual ou inferior a 800 mm; Índice de Aridez de Thornthwaite igual ou inferior a 0,50; Percentual diário de déficit hídrico igual ou superior a 60%, considerando todos os dias do ano. Assim, de acordo a nova delimitação, base na nova delimitação, a região ocupa uma área de 1.335.298 km² e abrange 1.477 municípios (SUDENE, 2024). A região é considerada quente e seca, com duas estações bem definidas, a seca e a úmida e a maior parte das chuvas se concentram em três a quatro meses dentro da estação úmida, acarretando um balanço hídrico negativo na maioria dos meses do ano e elevado índice de aridez (SOUZA et al., 2014).

A Bahia ocupava 39,51% da área da região (446.021 km²), abrangendo 178 dos municípios do semiárido com 7.675.656 habitantes e a atividade pecuária apresenta grande importância econômica para a região, porém, em boa parte do ano ocorre falta de forragem devido as condições edafoclimáticas hostis do semiárido (SOUZA et al., 2014). Atualmente são 287 municípios baianos no semiárido (SUDENE, 2024). Neste sentido, a palma forrageira destaca-se como forrageira tolerantes à seca e eficiente no uso da água, devido as características xerófilas e fisiológicas que lhe permitem suportar estiagens prolongadas por até cinco meses com manutenção da atividade fotossintética (ZAÑUDO-HERNÁNDEZ et al., 2010). Portanto, tendo em vista sua adaptação às condições de déficit hídrico e irregularidade de chuvas (BRITO et al., 2018; DONATO et al., 2020b), associado à sua aceitabilidade e desempenho satisfatório dos animais, com a inclusão de palma forrageira na dieta (AGUIAR et al., 2015; PÉREZ-SÁNCHEZ et al., 2015; LOPES et al., 2018), a cultura apresenta potencial de produção no semiárido (GUIMARÃES et al., 2019c). O Brasil é o maior produtor de palma forrageira do mundo com mais de 600 mil hectares plantadas (SILVA, 2012), e com uma produção de 3,58 milhões de toneladas, sendo a Bahia responsável por 42% desse montante (IBGE, 2017), o que evidencia sua importância para a região.

Para contribuir com o manejo eficiente da palma forrageira visando altas produtividades de matéria seca, foram realizadas inúmeras pesquisas envolvendo as principais técnicas e tecnologias para a composição de um sistema de produção: adubação orgânica, densidades e espaçamentos de plantio (DONATO et al., 2014a, 2014b, 2016 e 2017a; BARROS et al., 2016; PADILHA JÚNIOR et al., 2016; LÉDO et al., 2019, 2020, 2021; FONSECA et al., 2020, 2021; Soares et al., 2025); eficiência fotoquímica da fotossíntese (BRITO et al., 2018), atributos químicos do solo (PADILHA JÚNIOR et al., 2020); adubação mineral e espaçamentos de plantio (SILVA et al. 2012, 2013, 2016); recomendação de adubação (DONATO, S., et al.,

2017b); uso de biofertilizantes (FONSECA et al., 2021) uso da palma forrageira na alimentação de novilhas leiteiras (AGUIAR et al., 2015a, b); normas para a interpretação do estado nutricional (ALVES et al., 2019a, b; TEIXEIRA et al., 2019, 2021); indicadores técnicos e econômicos (DONATO, P., et al., 2017b); irrigação (BRITO et al., 2016; SOUZA et al., 2019; FONSECA et al., 2019); irrigação com déficit hídrico e água residuária (SOUZA et al., 2019); cultivos em diferentes agroecossistemas (MATOS et al., 2020, 2021); diagnóstico de sistemas de produção (JESUS et al., 2020); zoneamento agroclimático (VEIMROBER JÚNIOR et al., 2019); estimativas de tamanho de parcelas experimentais (GUIMARÃES et al., 2019a, 2019b, 2019d, 2020a); predição de colheita (GUIMARÃES et al., 2018; GUIMARÃES et al., 2019c); ferramentas didáticas (GUIMARÃES et al., 2020b), entre outros. Grande parte destes estudos compõem a publicação Palma forrageira do plantio à colheita (DONATO; BORÉM; RODRIGUES, 2020a) que representa uma compilação dessas técnicas pode definir estratégias de manejo eficientes no estabelecimento, na condução e produção do palmaal, e todos eles estão disponíveis na plataforma <http://www.palmaforrageira.com.br> (GUIMARÃES et al., 2023).

Dentre os fatores que afetam o alcance da produtividade potencial da palma forrageira, a nutrição tem grande influência no desenvolvimento da planta (TEIXEIRA et al., 2019). Sendo assim, monitorar o estado nutricional da lavoura se faz necessário para diagnosticar possíveis deficiências/desordens e ter maior agilidade na tomada de decisão quanto a adoção de práticas de fertilização. A análise de tecido consiste em um método eficaz para diagnóstico nutricional em complemento a análise de solo, onde o extrator utilizado é a planta e esta refletirá a dinâmica dos nutrientes no sistema solo-planta (RAIJ, 1991; TEIXEIRA et al., 2019), onde a concentração de nutrientes pode ter alta correlação com a produtividade (FOSTER; PRABOWO et al., 2002).

As plantas apresentam teores de nutrientes diferentes em seus órgãos, o que requer uma padronização do material coletado para a devida análise, uma vez que a concentração de nutrientes é alterada conforme a idade, estágio fenológico, intensidade de luz incidente e época do ano (ROMERO et al., 2022). A coleta de amostras em diferentes extratos da planta pode mascarar o estado nutricional da mesma e induzir ao erro de interpretação. Devido a mobilidade desuniforme dos nutrientes, a exemplo N, P e K que são redistribuídos para as regiões mais próximas do ápice, enquanto o Ca, B e Mn são poucos móveis e se encontram em estruturas mais velhas (MASCHNER, 2012), sendo assim, a concentração destes pode oscilar entre folhas da mesma planta, como entre pontos da mesma folha (FREITAS et al., 2007; RODRIGUES et al., 2010; LIMA et al., 2011), conforme a sua função e redistribuição para estruturas mais novas.

Segundo Fontes (2001), para a correta interpretação da análise é preciso que a amostra coleta obedeça a mesma metodologia usada para a elaboração das concentrações críticas

padronizadas. Para a palma forrageira se encontra disponível trabalhos com faixas de suficiência para macro e micronutrientes (ALVES et al., 2019a, b), normas DRIS (sistema integrado de diagnóstico e recomendação (TEXEIRA et al., 2019) e valores de referências nutricionais pelos métodos DRIS e BIK (Balanced Indexes of Kenworthy) (TEXEIRA et al., 2021), porém os autores não descrevem uma metodologia específica para amostragem dos cladódios quanto a posição na planta, o que gera dúvidas e perda de tempo durante a amostragem devido a coleta em diferentes extratos da planta, o que pode mascarar o resultado da análise, sendo pouco representativa. O conhecimento da fisiologia da planta, em especial a dinâmica nutricional entre as ordens dos cladódios, possibilita a definição de um cladódio referência para amostragem.

Alguns estudos mostram diferença de concentração de nutrientes ao decorrer da posição da folha (PATHAR; PANDEY, 1976; PRADO; NATALE, 2004; FREITAS et al., 2007; LIMA et al., 2011), o que pode ser esperado para a palma forrageira, a exemplo dos nutrientes potássio e cálcio, nutrientes mais extraídos pela planta (SILVA et al., 2016; LOPES et al., 2018), uma vez que o K atua como ativador enzimático e regulador do potencial osmótico, gerando a expansão celular e acúmulo de água nos cladódios novos, enquanto o Ca atua na composição estrutural da parede celular (LIMA et al., 2018) enrijecendo o cladódio e o deixando apto para emissão de uma nova ordem. Dessa forma, pode-se inferir que tais elementos se concentram em quantidades diferentes conforme a posição do cladódio.

A análise do teor de nutrientes feita nos tecidos consiste em uma fonte eficaz e confiável, pois, demonstra a interação solo-planta na dinâmica de nutrientes (DONATO et al., 2010), demandando um parâmetro para interpretação dos resultados (TEXEIRA et al., 2021). Essa forrageira demonstra ser uma cultura com alta demanda por nutrientes (SILVA et al., 2016; DONATO et al., 2017). Dessa forma, conhecer a dinâmica nutricional nos tecidos e a quantidade exportada por colheita permite a reposição adequada, sem que haja uma subdosagem na aplicação, o que induz a planta a retirar nutrientes do solo para suprir sua carência. Com isso, promoverá a exaustão das reservas ao longo dos ciclos e resultará em perdas de produtividade (LEDO et al., 2021).

Visando a sustentabilidade do cultivo da palma forrageira, o conhecimento da dinâmica nutricional entre a quantidade de nutrientes extraídos e exportados pela cultura ao final do ciclo produtivo, é imprescindível para ajustes no programa de adubação do próximo ciclo, assegurando os tetos produtivos e mantendo a fertilidade do solo (SILVA et al., 2016). Em um contexto de conflitos geopolíticos, socioeconômicos e crises ambientais, a produção e comercialização dos fertilizantes tem sido afetada, o que gera um aumento no custo de

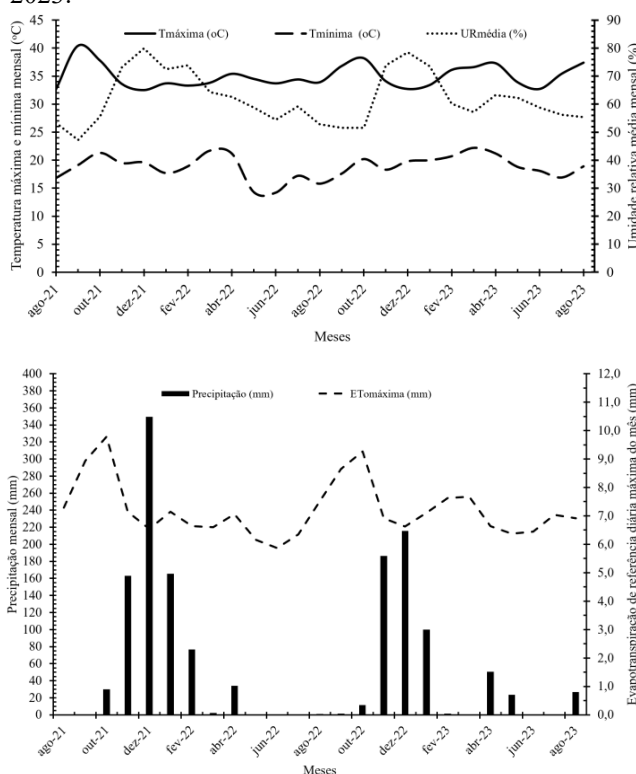
produção, com isso, o produtor deve repensar a forma como maneja a adubação de sua lavoura, na busca por diminuir os custos com insumos externos sem perdas na produtividade, gerando um cultivo sustentável e viável economicamente (DONATO et al., 2017b).

Neste contexto, buscou-se conhecer a dinâmica dos nutrientes em diferentes ordens dos cladódios na planta junto da definição de um cladódio referência para amostragem de tecido para determinação do teor de matéria seca e composição mineral de forma representativa.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido em área experimental no setor de Agricultura do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano (IF Baiano Campus Guanambi), localizada no Distrito de Ceraíma no município de Guanambi, Sudoeste da Bahia, com latitude de 14° 13' S, longitude de 42° 46' W, altitude de 545m. O clima é semiárido quente e seco, com estação seca bem definida no inverno, período chuvoso entre novembro e março, precipitação e temperatura média anual de 673,6 mm e 26 °C, médias dos últimos 43 anos. Durante o período experimental foram registrados os elementos meteorológicos temperatura máxima e mínima, umidade relativa média, precipitação e evapotranspiração máxima mensal (Figura 1).

Figura 1. Temperatura máxima e mínima, umidade relativa média mensal (A), precipitação e evapotranspiração de referência máxima mensal (B) durante o período experimental. Guanambi, BA, 2021-2023.



Dados básicos: Estação meteorológica automática do Instituto Federal Baiano *Campus* Guanambi

Os atributos químicos do solo na camada de 0 a 0,20 m de profundidade, determinados no laboratório de solos da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG),

Nova Porteirinha, MG, um ano após o plantio e após as colheitas do segundo e terceiro ciclos, refletem as adubações realizadas (Tabelas 1, 2 e 3). Os teores de matéria orgânica foram baixos nos ciclos I e II, médio no ciclo III, os teores de P e K muito altos em todos os ciclos, de Ca, Mg e T muito baixos no ciclo I, baixos no ciclo II, médios no ciclo III, e os valores de V médios nos ciclos I e II, altos nos ciclos III (DONATO, S. et al., 2017b).

Tabela 1. Atributos químicos do solo da área experimental sob a cultivar Orelha de Elefante Mexicana, um ano após o plantio e após as colheitas do segundo, terceiro e quarto ciclos. Guanambi, BA, 2020-2024.

Ciclos	Atributos										
	pH ¹	MO ²	P ³	K ³	Na ³	Ca ⁴	Mg ⁴	Al ⁴	H+Al ⁵	SB	t
		dag kg ⁻¹	-----mg dm ⁻³ ----					-----cmol _c dm ⁻³ -----			
⁸ I – 2020	5,7	0,9	76,6	219	0,1	1,4	0,6	0,0	1,7	2,6	2,6
⁹ II – 2022	6,1	1,0	62,0	431	0,1	1,6	0,6	0,0	1,2	3,4	3,4
¹⁰ III –	5,8	1,6	98,1	518	0,2	2,1	1,0	0,0	1,5	4,6	4,6
Ciclos	T	V	m	B ⁶	Cu ³	Fe ³	Mn ³	Zn ³	P-	CE	
	cmol _c	-----%-----				-----mg dm ⁻³ -----			mg L ⁻¹	dS m ⁻¹	
⁸ I – 2020	4,3	60	0	0,3	0,4	28,3	48,9	40,3	40,4	0,4	
⁹ II – 2022	4,6	74	0	0,4	0,4	18,1	33,0	24,1	44,0	0,6	
¹⁰ III –	6,1	76	0	0,3	0,4	17,1	40,0	10,8	45,7	0,6	

¹pH em água; ²Colorimetria; ³Extrator: Mehlich-1; ⁴Extrator: KCl 1 mol L⁻¹; ⁵pH SMP; ⁶Extrator: CaCl₂; ⁷Extrator: Ca(H₂PO₄)₂, 500 mg L⁻¹ de P em HOAc 2 mol L⁻¹, solução equilíbrio de P; SB, Soma de bases; t, CTC (capacidade de troca de cátions) efetiva; T, CTC a pH 7; V, Saturação por bases; m, Saturação por alumínio; P-rem, Fósforo remanescente; CE, Condutividade elétrica; ⁸Amostragem realizada um ano após o plantio; ⁹e ¹⁰Amostragens realizadas após as colheitas do segundo e terceiro.

Tabela 2. Atributos químicos do solo da área experimental sob a cultivar Miúda, um ano após o plantio e após as colheitas do segundo, terceiro e quarto ciclos. Guanambi, BA, 2020-2024.

Ciclos	Atributos										
	pH ¹	MO ²	P ³	K ³	Na ³	Ca ⁴	Mg ⁴	Al ⁴	H+Al ⁵	SB	t
		dag kg ⁻¹	-----mg dm ⁻³ ----					-----cmol _c dm ⁻³ -----			
⁸ I – 2020	5,6	1,1	83,1	315	0,1	1,4	0,5	0,0	1,7	2,8	2,8
⁹ II – 2022	6,2	1,0	71,6	431	0,1	1,6	0,7	0,0	1,3	3,5	3,5
¹⁰ III –	6,1	1,6	105,7	461	0,2	2,3	1,2	0,0	1,2	4,9	4,9
Ciclos	T	V	m	B ⁶	Cu ³	Fe ³	Mn ³	Zn ³	P-	CE	
	cmol _c	-----%-----				-----mg dm ⁻³ -----			mg L ⁻¹	dS m ⁻¹	
⁸ I – 2020	4,5	62	0	0,4	0,4	31,5	50,1	26,3	40,8	0,6	
⁹ II – 2022	4,8	73	0	0,3	0,4	16,9	29,5	14,4	41,9	0,6	
¹⁰ III –	6,1	81	0	0,2	0,4	13,7	35,9	8,1	46,8	0,6	

¹pH em água; ²Colorimetria; ³Extrator: Mehlich-1; ⁴Extrator: KCl 1 mol L⁻¹; ⁵pH SMP; ⁶Extrator: CaCl₂; ⁷Extrator: Ca(H₂PO₄)₂, 500 mg L⁻¹ de P em HOAc 2 mol L⁻¹, solução equilíbrio de P; SB, Soma de bases; t, CTC (capacidade de troca de cátions) efetiva; T, CTC a pH 7; V, Saturação por bases; m, Saturação por alumínio; P-rem, Fósforo remanescente; CE, Condutividade elétrica; ⁸Amostragem realizada um ano após o plantio; ⁹e ¹⁰Amostragens realizadas após as colheitas do segundo e terceiro.

Tabela 3. Atributos químicos do solo da área experimental sob a cultivar Gigante, um ano após o plantio e após as colheitas do segundo, terceiro e quarto ciclos. Guanambi, BA, 2020-2024.

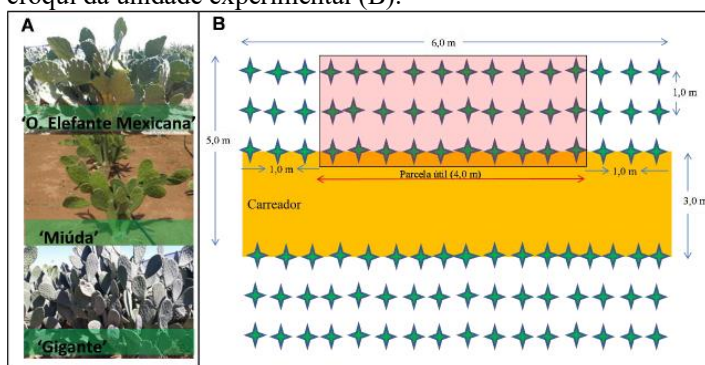
Ciclos	Atributos										
	pH ¹	MO ²	P ³	K ³	Na ³	Ca ⁴	Mg ⁴	Al ⁴	H+Al ⁵	SB	t
		dag kg ⁻¹	-----mg dm ⁻³ ----					-----cmolc dm ⁻³ -----			
⁸ I – 2020	5,7	1,0	88,1	335	0,1	1,4	0,5	0,0	1,7	2,9	2,9
⁹ II – 2022	5,8	1,0	64,8	334	0,1	1,6	0,6	0,0	1,3	3,3	3,3
¹⁰ III –	6,1	1,6	100,5	499	0,2	1,9	0,9	0,0	1,5	4,2	4,2
Ciclos	T	V	m	B ⁶	Cu ³	Fe ³	Mn ³	Zn ³	P-rem	CE	
	cmolc	-----%-----				-----mg dm ⁻³ -----			mg L ⁻¹	dS m ⁻¹	
⁸ I – 2020	4,6	62	0	0,3	0,4	33,2	49,5	44,3	41,7	0,6	
⁹ II – 2022	4,6	71	0	0,4	0,4	21,8	33,0	38,9	42,3	0,6	
¹⁰ III –	5,7	74	0	0,3	0,5	15,3	38,6	8,5	46,2	0,5	

¹pH em água; ²Colorimetria; ³Extrator: Mehlich-1; ⁴Extrator: KCl 1 mol L⁻¹; ⁵pH SMP; ⁶Extrator: CaCl₂; ⁷Extrator: Ca(H₂PO₄)₂, 500 mg L⁻¹ de P em HOAc 2 mol L⁻¹, solução equilíbrio de P; SB, Soma de bases; t, CTC (capacidade de troca de cátions) efetiva; T, CTC a pH 7; V, Saturação por bases; m, Saturação por alumínio; P-rem, Fósforo remanescente; CE, Condutividade elétrica; ⁸Amostragem realizada um ano após o plantio; ⁹ e ¹⁰Amostragens realizadas após as colheitas do segundo e terceiro.

Para tanto, foram conduzidos três experimentos, representados pelas cultivares (Figura 2), em delineamento experimental inteiramente casualizado, com três tratamentos, constituídos por três ordens de amostragem dos cladódios (2^a, 3^a e 4^a ordem), com 32 repetições, totalizando 96 unidades experimentais.

Foram considerados como tratamentos cladódios de segunda, terceira e quarta ordem amostrados separadamente durante dois ciclos de produção, correspondentes às safras 2021-2022 e 2022-2023, para cada cultivar.

Figura 2: Cultivares Orelha de Elefante Mexicana, Miúda e Gigante (A) e disposição do croqui da unidade experimental (B).



Fonte: Soares et al. (2025).

Aos 360 dias após o terceiro corte, foi realizada a amostragem de tecidos dos cladódios em cada ordem da planta (Figura 3), segunda, terceira e quarta ordem para determinação da porcentagem de matéria seca e do teor de nutrientes.

Figura 3. Composição dos diferentes extratos da palma forrageira.

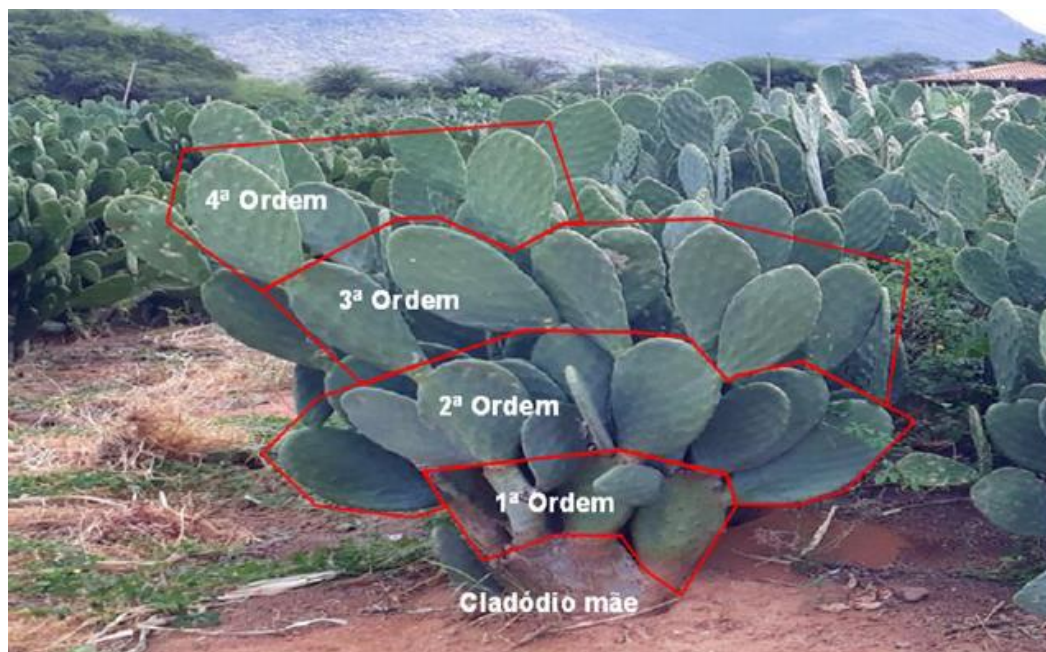


Foto: Rômulo S. Soares, 2022.

Em cada ordem coletou 45 amostras simples de 25 a 30 g para compor a amostra composta. Em cada experimento, foram retiradas a cada ciclo 48 amostras compostas, totalizando 96 amostras compostas. Para auxiliar na coleta foi utilizada uma serra copo (5,00 cm de diâmetro por 4,00 cm de profundidade) acoplada a uma furadeira à bateria (Figura 4).

Figura 4. Amostragem do cladódio com serra copo acoplada a furadeira (A); Retirada da amostra da serra copo (B).



Foto: Douglas Guimarães Neves.

Das amostras coletadas, foram pesados 1.000 g, e, em seguida secas em estufa de ventilação forçada a 65 °C, até massa constante (Figura 5). Conforme a metodologia descrita por Silva & Queiroz (2009) foram determinados os teores de matéria seca (MS).

Figura 5. Seccionando as amostras para análise (A); Amostras na estufa de ventilação forçada (B).



Foto: Douglas Guimarães Neves.

Após secagem em estufa as amostras foram identificadas e enviadas para o Laboratório de Solos, da EPAMIG Norte, em Nova Porteirinha, MG, para determinação dos teores dos macronutrientes nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S), expressos em g kg^{-1} ; e, dos micronutrientes, boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn) e do sódio (Na) expressos em mg kg^{-1} , de acordo com metodologia de Malavolta et al. (1997): N, digestão sulfúrica com o método Kjeldahl; P, K, S, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, Zn, e Na, digestão nítrico-perclórica; e B, digestão via seca.

Para avaliação da produtividade de massa verde (PMV) (t ha^{-1}) foram colhidas todas as plantas da parcela útil e pesadas por meio de uma balança de campo, foram preservados em média três cladódios primário por planta (Figura 6). A produtividade de matéria seca (PMS) foi calculada em função do teor de matéria seca e da PMV.

Figura 6. Parcelas colhidas (A); Pesagem dos cladódios com balança industrial e auxílio de uma caixa plástica (B); Autor iniciando a colheita (C).



Foto: Douglas Guimarães Neves.

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade de Lilliefors, análise de variância e as médias dos teores de matéria seca e de nutrientes nas diferentes ordens de cladódios foram comparadas pelo teste de Tukey a 10% de significância. Adotou-se a significância de 10% em função da natureza e variabilidade dos dados de teores de nutrientes, pela possibilidade ocorrência de erros do tipo II, falso negativo, quando o teste de Tukey pelo seu rigor, não identifica diferenças significativas entre os tratamentos, quando na verdade são (CARVALHO; MATSUO; MAIA, 2023).

Como análises complementares foram calculadas as frequências de ocorrências das classes de interpretação do estado nutricional dos nutrientes nos cladódios das diferentes ordens utilizando valores de referência gerados por diferentes métodos para a palma forrageira ‘Gigante’, técnica da faixa de suficiência - FS (Alves et al., 2019a, b), métodos dos Índices Balanceados de Kenworthy - IBK (Teixeira et al., 2021), e Linha de Fronteira - LF (Teixeira et al., 2024). Esse procedimento foi adotado para as três cultivares com uso dos valores de referência ajustados para a palma forrageira ‘Gigante’, pela ausência na literatura de dados publicados com palma forrageira ‘Miúda’ e ‘Orelha-de-Elefante-Mexicana’.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pela análise de variância, os teores de matéria seca e de nutrientes foram influenciados pelas ordens dos cladódios amostradas, com exceção do micronutriente Fe, para a palma forrageira ‘Gigante’ (Tabela 4A). Para a palma forrageira ‘Orelha de Elefante Mexicana’, K, S, Mg e Na não variaram com a ordem dos cladódios (Tabela 4B), enquanto para a palma forrageira ‘Miúda’, apenas os teores de matéria seca e Mn não foram influenciados pela ordem dos cladódios.

Tabela 4. Resumo da análise de variância, com os respectivos quadrados médios, para teores matéria seca, macronutrientes e micronutrientes, em função da ordem do cladódio, para a palma forrageira cultivar Gigante. Guanambi, BA, 2021-2023.

FV	GL	MS	N	P	K	S	Ca	Mg
ORDEM	2	2,722873**	37,04073***	1,478750**	2709,615***	0,1866667**	793,7576***	84,38281***
RESÍDUO	93	0,7437094	2,854015	0,066115	66,88167	0,056196	12,57951	4,915091
TOTAL	95							
FV	GL	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Na	-
ORDEM	2	330,1267***	7,381278***	12232,5 ^{ns}	110665,5***	398,0129**	1230,511**	-
RESÍDUO	93	18,74423	0,4644753	5676,92	86,48907	86,48907	270,4686	-
TOTAL	95							-

***Significativo ($p \leq 0,01$); **significativo ($p \leq 0,05$); *significativo ($p \leq 0,1$); ^{ns}não significativo pelo teste F.

Fonte: Autoria própria

Tabela 5. Resumo da análise de variância, com os respectivos quadrados médios, para teores matéria seca, macronutrientes e micronutrientes, em função da ordem do cladódio, para a palma forrageira cultivar Orelha de Elefante Mexicana. Guanambi, BA, 2021-2023

FV	GL	MS	N	P	K	S	Ca	Mg
ORDEM	2	4,321837***	14,45292**	7,207604***	96,21573*	0,044885 ^{ns}	724,0404***	14,2513*
RESÍDUO	93	0,6753158	4,048753	0,09846438	37,42178	0,0417405	15,04792	5,511448
TOTAL	95							
FV	GL	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Na	-
ORDEM	2	468,3484***	14,08693***	4708,869**	47509,49***	820,5008***	303,4419 ^{ns}	-
RESÍDUO	93	12,69995	0,5247064	1042,65	568,1756	26,81559	267,2226	-
TOTAL	95							-

***Significativo ($p \leq 0,01$); **significativo ($p \leq 0,05$); *significativo ($p \leq 0,1$); ^{ns}não significativo pelo teste F.

Fonte: Autoria própria

Tabela 6. Resumo da análise de variância, com os respectivos quadrados médios, para teores matéria seca, macronutrientes e micronutrientes, em função da ordem do cladódio, para a palma forrageira cultivar Miúda. Guanambi, BA, 2021-2023.

FV	GL	MS	N	P	K	S	Ca	Mg
ORDEM	2	1,337153*	42,44385***	3,167812***	578,1032***	1,125312***	1422,271***	19,61844***
RESÍDUO	93	0,4724234	6,315131	0,1662433	96,75039	0,1088004	26,55231	2,546767
TOTAL	95							
FV	GL	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Na	-
ORDEM	2	175,1093***	11,16199***	25952,63***	155158,78***	233,3638***	2402,854***	-
RESÍDUO	93	18,47104	1,104941	1230,505	3087,048	27,01496	451,454	-
TOTAL	95							-

***Significativo ($p \leq 0,01$); **significativo ($p \leq 0,05$); *significativo ($p \leq 0,1$); ^{ns}não significativo pelo teste F.

Fonte: Autoria própria

Os teores de matéria seca diferiram entre as ordens dos cladódios com o menor valor registrado nos cladódios de quarta ordem comparado aos de segunda ordem (Tabela 7).

Tabela 7. Variação dos teores de matéria seca (MS), macronutrientes e micronutrientes com a ordem dos cladódios, para palma forrageira ‘Gigante’. Guanambi, BA, 2021-2023.

Gigante							
Ordem	Macronutrientes						
	MS	N	P	K	Ca	Mg	S
(g kg ⁻¹)							
Segunda	66,44 A	8,91 B	1,28 C	34,04 C	18,05 C	13,77 A	1,06 B
Terceira	62,91 AB	11,01 A	1,71 A	45,46 B	23,97 B	10,97 B	1,22 A
Quarta	60,65 B	10,34 A	1,55 B	52,25 A	27,95 A	10,94 B	1,17 AB
Média	63,34	10,09	1,52	43,91	23,32	11,89	1,15
CV (%)	13,6	13,74	16,93	18,62	15,20	18,63	20,57
Ordem	Micronutrientes						
	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Na	
(mg kg ⁻¹)							
Segunda	17,33 B	1,57 B	111,12 ^{ns}	51,09 C	24,95 B	47,56 B	
Terceira	22,84 A	2,51 A	127,20 ^{ns}	97,44 B	31,97 A	59,89 A	
Quarta	22,94 A	2,18 A	150,03 ^{ns}	167,88 A	28,24 AB	54,88 AB	
Média	21,04	2,08	129,45	105,47	28,38	54,11	
CV (%)	20,57	32,62	58,20	36,21	32,77	30,39	

CV: coeficiente de variação; médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas, para ordens de cladódios, não diferem pelo teste Tukey a 10% de significância.

Fonte: Autoria própria

Os teores de K, Ca e Mn foram menores nos cladódios de segunda ordem, intermediários nos cladódios de terceira ordem e maiores nos cladódios de quarta ordem. Isso mostra um incremento nos valores com o aumento da ordem, ou seja, aumento dos teores nos cladódios mais jovens, e, naturalmente de menor tamanho, o que caracteriza um efeito de concentração. Os teores de P foram menores também nos cladódios segunda ordem, porém foram maiores nos cladódios de terceira ordem e intermediários nos de quarta ordem. Enquanto os teores de N, B e Cu seguiram a mesma tendência para os cladódios de segunda ordem, com menores valores, contudo, foram similares nos cladódios de terceira e quarta ordem. Ainda, os teores de S, Zn e Na foram menores nos cladódios de segunda ordem comparados aos de terceira ordem. Por outro lado, os teores de Mg foram maiores nos cladódios de segunda ordem comparado aos cladódios de terceira e quarta ordem.

Assim, de forma geral em 58,33% dos casos os cladódios de segunda ordem apresentaram menores valores de nutrientes comparado às demais ordens, por exemplo, para N, P, K, Ca, B, Cu e Mn, e, menores valores comparados à terceira ordem para S, Zn e N. Em

50% dos casos houve similaridade entre os teores de nutrientes nos cladódios de terceira e quarta ordem, para N, S, B, Cu, Zn e Na. Apesar disso, os cladódios de quarta ordem expressaram maiores valores para K, Ca, Mn, que representa 25,00% dos casos, e os de terceira ordem apenas 8,33% expressado pelo P.

Na cultivar Orelha de Elefante Mexicana houve diferença significativa nos teores de matéria seca, macronutrientes e micronutrientes (Tabela 8).

Tabela 8. Variação dos teores de matéria seca (MS), macronutrientes e micronutrientes com a ordem dos cladódios, para palma forrageira ‘Orelha de Elefante Mexicana’. Guanambi, BA, 2021-2023.

Orelha de Elefante Mexicana							
Ordem	Macronutrientes						
	MS	N	P	K	Ca	Mg	S
	(g kg ⁻¹)						
Segunda	69,70 B	8,30 B	2,04 A	36,74 AB	15,44 B	9,38 B	0,76 ^{ns}
Terceira	72,20 B	9,59 A	1,39 B	38,83 A	24,40 A	10,39 AB	0,7 ^{ns}
Quarta	76,90 A	9,26 AB	1,11 C	35,39 B	22,70 A	10,64 A	0,69 ^{ns}
Média	72,93	9,05	1,51	36,98	20,84	10,13	0,71
CV (%)	11,27	22,24	20,73	16,54	18,61	23,16	28,59
Ordem	Micronutrientes						
	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Na	
	(mg kg ⁻¹)						
Segunda	16,59 B	1,54 B	103,77 B	21,08 C	20,85 A	46,88 ^{ns}	
Terceira	22,18 A	1,83 B	128,03 A	63,79 B	17,16 B	52,20 ^{ns}	
Quarta	23,91 A	2,81 A	115,92 AB	97,98 A	10,84 C	46,85 ^{ns}	
Média	20,90	2,05	115,91	60,95	16,28	48,64	
CV (%)	17,06	35,17	27,86	39,11	31,80	33,60	

CV: coeficiente de variação; médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas, para ordens de cladódios, não diferem pelo teste Tukey a 10% de significância.

Fonte: Autoria própria

Os cladódios de quarta ordem apresentaram os maiores teores de Mn, enquanto os cladódios de segunda ordem tiveram os menores, e os cladódios de terceira ordem apresentaram um teor intermediário. Demonstrando um crescimento nos valores à medida que a ordem aumenta. Embora os teores de Ca e B tenham seguido a mesma tendência para os cladódios de segunda ordem, com valores menores, eles foram similares nos cladódios de terceira e quarta ordem. Além disso, as concentrações de N e Fe nos cladódios de segunda ordem foram inferiores às dos de terceira ordem. Em contrapartida, as concentrações de P e Zn nos cladódios de segunda ordem foram superiores às dos cladódios de terceira e quarta ordem.

De modo geral, em 25,00% dos casos, os cladódios de segunda ordem exibiram valores de nutrientes inferiores aos das demais ordens, por exemplo, em relação ao Ca, B e Mn, e em

relação ao N e Fe, valores menores foram observados em comparação com a terceira ordem. Em 33,33% das situações, observou-se similaridade nos teores de nutrientes nos cladódios de terceira e quarta ordem para os elementos N, Ca, B e Fe. Apesar disso, os cladódios de quarta ordem apresentaram valores mais altos para Cu e Mn, representando 16,66% dos casos. Não foi observada uma diferença significativa nos níveis de K, Mg, S e Na.

Para a cultivar Miúda, a matéria seca e todos os nutrientes apresentaram significância (Tabela 9).

Tabela 9. Variação dos teores de matéria seca (MS), macronutrientes e micronutrientes com a ordem dos cladódios, para palma forrageira ‘Miúda’. Guanambi, BA, 2021-2023.

Miúda							
Ordem	Macronutrientes						
	MS	N	P	K	Ca	Mg	S
	(g kg ⁻¹)						
Segunda	67,6 A	9,81 B	2,40 A	42,23 B	18,48 C	10,82 B	1,47 A
Terceira	63,60 B	11,47 A	2,12 B	50,01 A	27,07 B	10,21 B	1,33 A
Quarta	66,30 AB	9,25 B	1,77 C	49,09 A	31,60 A	11,77 A	1,10 B
Média	65,85	10,18	2,09	47,11	25,72	10,93	1,30
CV (%)	10,44	24,69	19,47	20,88	20,04	14,60	25,43
Ordem	Micronutrientes						
	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Na	
	(mg kg ⁻¹)						
Segunda	19,11 B	1,80 B	86,29 B	44,81 C	13,61 B	46,57 B	
Terceira	23,40 A	2,73 A	135,02 A	90,55 B	18,14 A	63,44 A	
Quarta	22,88 A	1,64 B	136,20 A	181,60 A	18,43 A	58,45 A	
Média	21,80	2,06	119,17	105,65	16,73	56,15	
CV (%)	19,72	51,09	29,44	52,59	31,08	37,84	

CV: coeficiente de variação; médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas, para ordens de cladódios, não diferem pelo teste Tukey a 10% de significância.

Fonte: Autoria própria

Os cladódios de segunda ordem apresentaram menores teores de Ca e Mn, enquanto os cladódios de terceira ordem exibiram teores intermediários e os cladódios de quarta ordem, teores maiores. Os teores de K, B, Fe e Zn nos cladódios de segunda ordem seguiram a mesma tendência, apresentando valores menores. No entanto, esses elementos mostraram valores semelhantes nos cladódios de terceira e quarta ordem. Além disso, os cladódios de segunda ordem apresentaram teores de Na inferiores aos dos cladódios de terceira ordem. Em contrapartida, os cladódios de segunda ordem apresentaram teores de P superiores aos dos cladódios de terceira e quarta ordem.

De maneira ampla, em 58,33% das situações, os cladódios de segunda ordem exibiram valores de nutrientes inferiores em comparação às demais ordens. Isso se aplica, por exemplo,

a nutrientes como K, Ca, B, Fe, Mn, Zn e Na. Além disso, os valores de K, B, Fe, Zn e Na foram inferiores em comparação à terceira ordem. Em 41,66% das situações, observou-se uma similaridade nos teores de nutrientes nos cladódios de terceira e quarta ordem para os elementos K, B, Fe, Zn e Na. Apesar disso, os cladódios de quarta ordem apresentaram valores mais altos para Ca e Mn, representando 16,66% dos casos. Os de terceira ordem também mostraram 16,66% com N e Cu.

De forma geral, os cladódios de segunda ordem expressaram maior porcentagem de casos com menores teores (58,33%) e os de quarta ordem com maiores valores considerando todos os nutrientes, enquanto nos de terceira ordem predominam valores intermediários de teores de nutrientes, como comprovado para as cultivares Gigante e Miúda. Exceção para a ‘Orelha de Elefante Mexicana’ que apresentou 25,00% dos casos com teores de nutrientes menores nos cladódios de segunda ordem comparados aos de terceira. Isso sinaliza uma maior estabilidade de nutrientes nestes cladódios e sugere haver efeito de concentração nos cladódios de quarta ordem, mais jovens, pelo seu menor tamanho e efeito de diluição nos cladódios de segunda ordem, mais velhos e de maior tamanho.

Dessa discussão depreende-se que a utilização de cladódios de segunda ordem ou de quarta ordem para avaliação do estado nutricional de palma forrageira pode conduzir a falsos diagnósticos por deficiência ou por excesso, respectivamente, enquanto os de terceira ordem parecem mais adequados para tanto.

Adicionalmente, a avaliação do estado nutricional dos teores de nutrientes registrados nos cladódios de segunda, terceira e quarta ordem (Figura 7) contribuem para ratificar essa análise. O uso de valores de referência gerados por diferentes métodos para palma forrageira ‘Gigante’, por exemplo, técnica da faixa de suficiência - FS (Alves et al., 2019a, b), métodos dos Índices Balanceados de Kenworthy - IBK (Teixeira et al., 2021), e Linha de Fronteira - LF (Teixeira et al., 2024) confirmam que os cladódios de terceira ordem expressam maiores frequências de ocorrências de teores de nutrientes classificados na faixa suficiente, normal ou ideal, 66,67% quando-se utiliza a FS (Figura 8A) e 75,00% dos casos para IBK e LF (Figura 8B, C). Por outro lado, os cladódios de segunda ordem expressam maiores frequências de ocorrências na classe deficiente, 25,00% pela FS (Figura 8A) e 8,33% pela LF (Figura 8C), enquanto os cladódios de quarta ordem evidenciam maior número de casos na classe tendência ao excesso, 8,33% com uso da FS (Figura 8A) e LF (Figura 8C).

Figura 7. Posição do cladódio a ser amostrado para avaliação do estado nutricional e detalhe da retirada da amostra simples em palma forrageira.

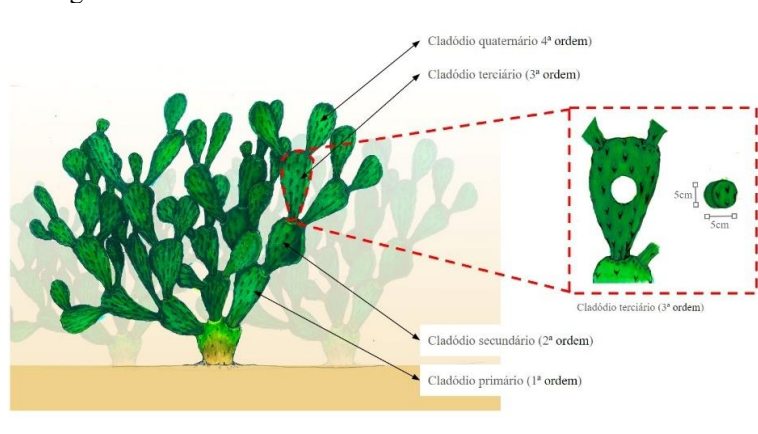
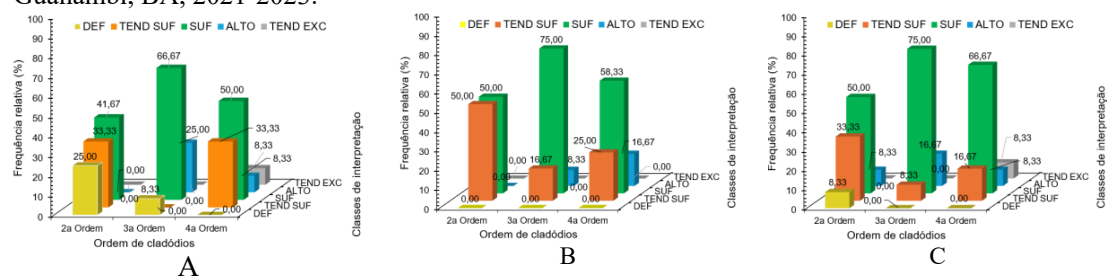


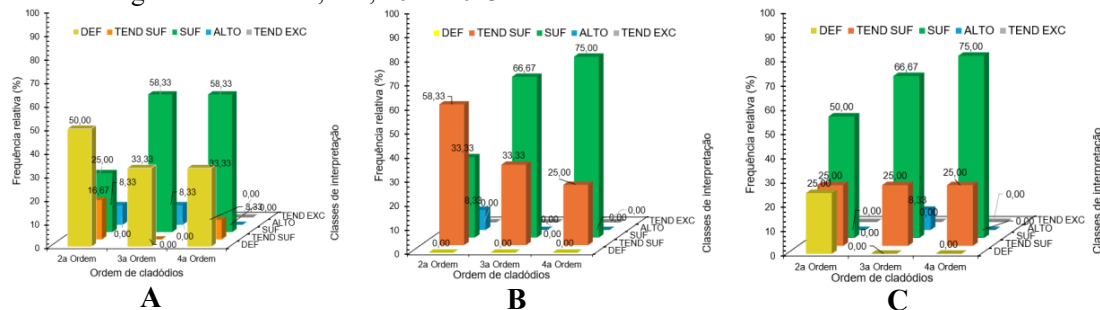
Ilustração: Pedro Ricardo Rocha Marques

Figura 8. Frequência relativa das classes diagnósticas de teores de nutrientes nos cladódios da 2ª, 3ª e 4ª ordem, da palma forrageira cultivar Gigante, de acordo com as abordagens estabelecidas com (A) Faixa de Suficiência, FS (Alves et al., 2019a,b), (B) Índices Balanceados de Kenworthy, IBK (Teixeira et al., 2021) e (C) Linha de Fronteira, LF (Teixeira et al., 2024) para a cultivar Gigante. Guanambi, BA, 2021-2023.



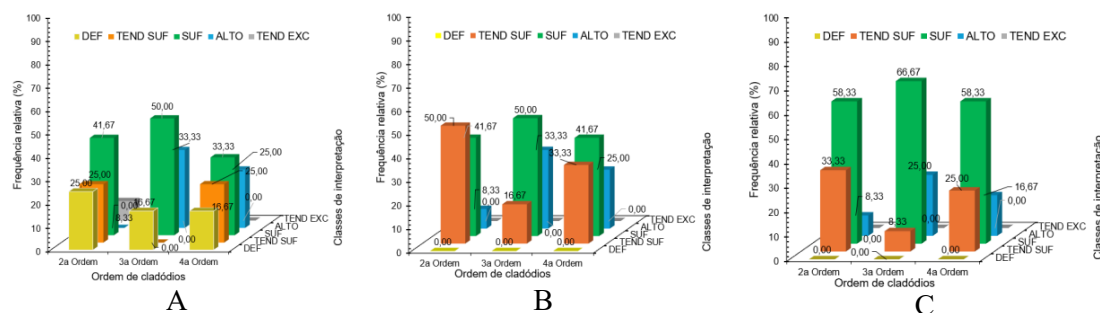
Já referente a cultivar Orelha de Elefante Mexicana nota-se que os cladódios de terceira e quarta ordem expressam maiores frequências de ocorrências de teores de nutrientes classificados na faixa suficiente, normal ou ideal, 58,33% quando-se utiliza a FS (Figura 9A) e para IBK e LF (Figura 9B, C), é a quarta ordem que tem 75,00% dos nutrientes como suficiente. Por outro lado, os cladódios de segunda ordem expressam maiores frequências de ocorrências na classe deficiente, 50,00% pela FS (Figura 9A) e 25% pela LF (Figura 9C).

Figura 9. Frequência relativa das classes diagnósticas de teores de nutrientes nos cladódios da 2^a, 3^a e 4^a ordem, da palma forrageira cultivar Orelha de Elefante Mexicana, de acordo com as abordagens estabelecidas com (A) Faixa de Suficiência, FS (Alves et al., 2019a,b), (B) Índices Balanceados de Kenworthy, IBK (Teixeira et al., 2021) e (C) Linha de Fronteira, LF (Teixeira et al., 2024) para a cultivar Gigante. Guanambi, BA, 2021-2023.



E quanto a cultivar Miúda notamos que os cladódios de terceira ordem apresentam maiores frequências de ocorrências de teores de nutrientes classificados na faixa suficiente, normal ou ideal, 50,00% quando-se utiliza a FS e IBK (Figura 10A, B) e para LF (Figura 10C), 66,67% está dentro dessa faixa. Em contrapartida, quando analisamos pela FS os cladódios de segunda ordem evidenciam maiores frequências de ocorrências na classe deficiente, 25% pela FS (Figura 10A).

Figura 10. Frequência relativa das classes diagnósticas de teores de nutrientes nos cladódios da 2^a, 3^a e 4^a ordem, da palma forrageira cultivar Miúda, de acordo com as abordagens estabelecidas com (A) Faixa de Suficiência, FS (Alves et al., 2019a,b), (B) Índices Balanceados de Kenworthy, IBK (Teixeira et al., 2021) e (C) Linha de Fronteira, LF (Teixeira et al., 2024) para a cultivar Gigante. Guanambi, BA, 2021-2023.



Durante a condução do experimento, nos anos de 2021, 2022 e 2023, notou-se uma significativa melhoria nos atributos químicos do solo utilizado para a condução do experimento. Isso se deve à adubação orgânica com esterco de bovino (90 t ha⁻¹ ano⁻¹) combinada com a adubação potássica com cloreto de potássio (500 kg ha⁻¹ ano⁻¹). A utilização constante desses fertilizantes resultou no aumento dos níveis de matéria orgânica, favorecendo a elevação da capacidade de troca catiônica (CTC) e aprimorando a disponibilidade de nutrientes vitais, como

potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg). Adicionalmente, observou-se uma diminuição na acidez do solo, demonstrada pelo aumento do pH, o que resultou em melhores condições para o crescimento radicular da cultura, consequentemente, tendo uma maior área e volume do solo que melhorou o fluxo de água e nutrientes. Esses achados destacam a relevância do manejo integrado da fertilidade do solo para a sustentabilidade da produção de palma forrageira em ambientes semiáridos.

De forma geral, considerando todas as cultivares, ordens dos cladódios e métodos de avaliação nutricional houve predominância da classe diagnóstica suficiente. Isso é justificável pela alta fertilidade do solo e aporte de nutrientes baseado na adubação de reposição do exportado, pois os teores de nutrientes elevam com as condições ambientais e de manejo (MATOS et al., 2024). Exceção quanto à predominância da classe suficiente ocorreu para a cultivar Orelha de Elefante Mexicana nos cladódios de segunda ordem indicada pelos métodos FS e IBK, bem como para a cultivar Miúda indicada pela FS. Isso provavelmente está associado ao uso de valores de referência gerados para a cultivar Gigante para avaliação nutricional de Orelha de Elefante Mexicana e Miúda, que diferem quanto aos teores de nutrientes geralmente encontrados nos cladódios (ALVES et al., 2016). Adicionalmente, outras diferenças genotípicas como tamanho dos cladódios que resultam em efeitos de concentração ou de diluição, além dos teores de clorofila justificam essas diferenças. Esses resultados corroboram Santos et al. (2025) que os valores de referência devem ser sítio específicos.

5. CONCLUSÕES

A alta fertilidade do solo e o aporte de nutrientes elevam os teores dos nutrientes nos cladódios, evidenciados pela predominância da classe diagnóstica suficiente nas diferentes cultivares avaliadas por diferentes métodos.

Os cladódios de terceira ordem apresentam valores intermediários e classificados como suficientes, o que indica maior estabilidade nos mesmos, sendo considerados referência para amostrar e avaliar o estado nutricional da palma forrageira.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, M. S. M. A.; SIVA, F. F.; DONATO, S. L. R.; SCHIO, A. R.; SOUZA, D. D.; MENESES, M. A.; LÉDO, A. A. Síntese de proteína microbiana e concentração de ureia em novilhas leiteiras alimentadas com palma forrageira *Opuntia*. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 2, p. 999-1012, 2015a.

AGUIAR, M. S. M. A.; SIVA, F. F.; DONATO, S. L. R.; RODRIGUES, E. S. O.; COSTA, L. T.; MATEUS, R. G.; SOUZA, D. R. de; SILVA, V. L. da. Palma forrageira em dietas de novilhas leiteiras confinadas: desempenho e viabilidade econômica. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 2, p. 1013-1030, 2015b.

ALVES, F. A. L.; ANDRADE, A. P.; BRUNO, R. L. A.; Santos, D. C. Study of the variability, correlation and importance of chemical and nutritional characteristics in cactus pear (*Opuntia* and *Nopalea*). **African journal of Agricultural Research**. V 11, n. 31, p.2882-2892, 2016. DOI: [10.5897/AJAR2016.11025](https://doi.org/10.5897/AJAR2016.11025)

ALVES, J. F. T.; DONATO, S. L. R.; DONATO, P. E. R.; SILVA, J. A. da; GUIMARÃES, B. V. C. Establishment of Sufficiency Ranges to Determine the Nutritional Status of ‘Gigante’ Forage Cactus Pear—Macronutrients. **Journal of Agricultural Science**, v. 11, n. 18, p. 213-221 2019a. DOI: <https://doi.org/10.5539/jas.v11n18p213>

ALVES, J. F. T.; DONATO, S. L. R.; DONATO, P. E. R.; SILVA, J. A. da; GUIMARÃES, B. V. C. Establishment of Sufficiency Ranges to Determine the Nutritional Status of ‘Gigante’ Forage Cactus Pear—Micronutrients. **Journal of Agricultural Science**, v. 11, n. 18, p. 222-229, 2019b. DOI: <https://doi.org/10.5539/jas.v11n18p222>

AGUIAR, M. S. M. A.; SIVA, F. F.; DONATO, S. L. R.; SCHIO, A. R.; SOUZA, D. D.; MENESES, M. A.; LÉDO, A. A. Síntese de proteína microbiana e concentração de ureia em novilhas leiteiras alimentadas com palma forrageira *Opuntia*. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 2, p. 999-1012, 2015a.

AGUIAR, M. S. M. A.; SIVA, F. F.; DONATO, S. L. R.; RODRIGUES, E. S. O.; COSTA, L. T.; MATEUS, R. G.; SOUZA, D. R. de; SILVA, V. L. da. Palma forrageira em dietas de novilhas leiteiras confinadas: desempenho e viabilidade econômica. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 2, p. 1013-1030, 2015b.

ALVES, J. F. T.; DONATO, S. L. R.; DONATO, P. E. R.; SILVA, J. A. da; GUIMARÃES, B. V. C. Establishment of Sufficiency Ranges to Determine the Nutritional Status of ‘Gigante’ Forage Cactus Pear—Macronutrients. **Journal of Agricultural Science**, v. 11, n. 18, p. 213-221 2019a. DOI: <https://doi.org/10.5539/jas.v11n18p213>

ALVES, J. F. T.; DONATO, S. L. R.; DONATO, P. E. R.; SILVA, J. A. da; GUIMARÃES, B. V. C. Establishment of Sufficiency Ranges to Determine the Nutritional Status of ‘Gigante’ Forage Cactus Pear—Micronutrients. **Journal of Agricultural Science**, v. 11, n. 18, p. 222-229, 2019b. DOI: <https://doi.org/10.5539/jas.v11n18p222>

BARROS, J. L. de; DONATO, S. L. R.; GOMES, V. M.; DONATO, P. E. R.; SILVA, J. A. da; PADILHA JÚNIOR, M. C. Palma forrageira ‘Gigante’ cultivada com adubação orgânica. **Revista Agrotecnologia**, v.7, n.1, p.53-65, 2016. DOI: <https://doi.org/10.12971/5051>

BRITO, C. F. B.; FONSECA, V. A.; SANTOS, M. R. dos. Desempenho de sistemas de irrigação por gotejamento com aplicação da água salina. **Revista Agrotecnologia, Ipameri**, v6, n.1, p. 10-17, 2016. DOI: <https://doi.org/10.12971/2179-5959/agrotecnologia.v7n1p10-17>

BRITO, C. F. B.; DONATO, S. L. R.; ARANTES, A. de M. DONATO, P. E. R.; SILVA, J. A. da. Photochemical efficiency in cladodes of ‘Gigante’ cactus pear cultivated under different spacings and organic fertilization. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, n. 5, p. 338-343, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v22n5p338-343>

CARVALHO, A. M. X.; MATSUO, E.; MAIA, M. S. Avaliação da normalidade, validade dos testes de medias e opções não-paramétricas: contribuições para um debate necessário. **Ciência e Natura**. V. 45, 2023. DOI: <https://doi.org/10.5902/2179460X67509>

DONATO, S. L. R.; LÉDO, A. A.; PEREIRA, M. C. T.; COELHO, E. F.; COTRIM, C. E.; FILHO, M. A.C. Estado nutricional de bananeiras tipo Prata sob diferentes sistemas de irrigação. **Pesquisa Agropecuária**. Brasileira, v.45, p.980-988, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/s0100-204x2010000900007>

DONATO, P. E. R.; PIRES, A. J. V.; DONATO, S. L. R.; SILVA, J. A. da; AQUINO, A. A. Valor nutritivo da palma forrageira ‘Gigante’ cultivada sob diferentes espaçamentos e doses de esterco bovino. **Revista Caatinga**, v. 27, n. 1, p. 163 – 172, 2014a.

DONATO, P. E. R.; PIRES, A. J. V.; DONATO, S. L. R.; BONOMO, P.; SILVA, J. A. da; AQUINO, A. A. Morfometria e rendimento da palma forrageira ‘Gigante’ sob diferentes espaçamentos e doses de adubação orgânica. Agrária - **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 9, n. 1, p. 151-158, 2014b.

DONATO, P. E. R.; DONATO, S. L. R.; SILVA, J. A. da; PIRES, A. J. V.; ROSA, R. C. C.; AQUINO, A. A. Nutrition and yield of ‘Gigante’ cactus pear cultivated with different spacings and organic fertilizer. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 12, p. 1083-1088, 2016. DOI: <https://doi.org/10.5039/agraria.v9i1a3252>

DONATO, P. E. R.; DONATO, S. L. R.; SILVA, J. A. da; PIRES, A. J. V.; SILVA JUNIOR, A. A. e Extraction/exportation of macronutrients by cladodes of 'Gigante' cactus pear under different spacing and organic fertilizer. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, n. 4, p. 238-243, 2017a. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v21n4p238-243>

DONATO, P. E. R.; SILVA, J. A.; DONATO, S.L.R.; RODRIGUES, M. G. V.; CAXITO, A.M. Índices técnicos, de produção e econômicos para a cultura da palma forrageira. **Informe Agropecuário**, v. 38, n.296, p. 97-106, 2017b.

DONATO, S. L. R.; DONATO, P. E. R.; SILVA, J. A. da; Rodrigues, M. G. V. Diagnóstico nutricional e recomendação de adubação para a palma forrageira ‘Gigante’. **Informe Agropecuário**, v. 38, n. 296, p. 46-58, 2017.

DONATO, S. L. R.; BORÉM, A.; RODRIGUES, M. G. V. **Palma Forrageira do plantio à colheita**. 1. ed. Belo Horizonte: EPAMIG, 2020a. v. 1. 276p.

DONATO, P. E. R.; DONATO, S. L. R.; SILVA, J. A. da.; LONDE, L. C. N.; RODRIGUES, M. G. V. Implantação da lavoura. In: DONATO, S. L. R.; BORÉM, A.; RODRIGUES, M. G. V. (Org.). **Palma Forrageira: do plantio à colheita**. 1ed. Belo Horizonte: EPAMIG, 2020b. cap. 4, p. 79-100.

FONSECA, V. A.; COSTA, L. C.; SILVA, J. A.; DONATO, S. L. R. DONATO, P. E. R.; SOUZA, E. S. 'Gigante' cactus pear cultivated at different population densities in a mechanizable arrangement. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 24, n.11, p. 769-775, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v24n11p769-775>

FONSECA, V. A.; RODRIGUES, C. S.; ALVARENGA, R. R.; SANTOS, D. B. dos.; BEBÉ, F. V.; PINA, D. S. Yield of 'Gigante' cactus pear cultivated under biofertilizer doses and application intervals. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 25, n. 9, p. 633-640, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v25n9p633-640>

FONTES, P.C.R. **Diagnóstico do estado nutricional das plantas**. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 2001. 122p.

FOSTER, H. L; PRABOWO, N. E. Superando as limitações da diagnose foliar em dendê. In: Conferência e Exposição Internacional de Oil Palm, 8–12 de julho de 2002, Nusa Dua, Bali, IOPRI, Medan, Indonésia, p. 269-281.

FREITAS, M. S. M.; MONNERAT, P. H.; VIEIRA, I. J. C.; CARVALHO, A. J. C. de. Flavonóides e composição mineral de folhas de maracujazeiro amarelo em função da posição da folha no ramo **Ciência Rural**, v.37, n.6, p.1634-1639, 2007.

GUIMARÃES, B. V. C.; DONATO, S. L. R.; AZEVEDO, A. M.; ASPIAZÚ, I.; SILVA JUNIOR, A. A. e. Prediction of 'Gigante' cactus pear yield by morphological characters and artificial neural networks. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, n. 5, p. 315-319, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v22n5p315-319>

GUIMARÃES, B. V. C.; DONATO, S. L. R.; ASPIAZÚ, I.; AZEVEDO, A. M.; CARVALHO, A. J. Size of plots for experiments with cactus pear cv. Gigante. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 23, n. 5, p. 347-351, 2019a. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v23n5p347-351>

GUIMARÃES, B. V. C.; DONATO, S. L. R.; ASPIAZÚ, I.; AZEVEDO, A. M.; CARVALHO, A. J. de. Plot Size by the Variance Comparison Method for with 'Gigante' Cactus Pear. **Journal of Agricultural Science**, v.11, n.18, p.206-212, 2019b. DOI: <https://doi.org/10.5539/jas.v11n18p206>

GUIMARÃES, B. V. C.; DONATO, S. L. R.; ASPIAZÚ, I.; AZEVEDO, A. M.; CARVALHO, A. J. Comparison of Methods for Harvest Prediction in 'Gigante' Cactus Pear. **Journal of Agricultural Science**, v. 11, n. 14, 2019c. DOI: <https://doi.org/10.5539/jas.v11n14p216>

GUIMARÃES, B. V. C.; DONATO, S. L. R.; ASPIAZÚ, I.; AZEVEDO, A. M.; CARVALHO, A. J. Methods for Estimating Optimum Plot Size for ‘Gigante’ Cactus Pear. **Journal of Agricultural Science**, v. 11, n. 14, 2019d. DOI: <https://doi.org/10.5539/jas.v11n14p205>

GUIMARÃES, B. V. C.; DONATO, S. L. R.; ASPIAZÚ, I.; AZEVEDO, A. M.; CARVALHO, A. J. Didactic tool for experimental demonstration with ‘Gigante’ forage cactus pear. **Journal of Educational Research and Reviews**. v. 8, n. 3, pp. 38-44, 2020b. DOI: https://doi.org/10.33495/jerr_v8i3.20.132

GUIMARÃES, B. V. C.; DONATO, S. L. R.; ASPIAZU, I.; AZEVEDO, A. M.; MACEDO, S. V. M.; LIMA, F. S.; BRITO, C. F. B.; COUTO, H. F. Digital platform for experimental and technical support to the cultivation of cactus pear: Mobile apps for predicting productivity. **Acta Scientiarum-Agronomy**, v. 45, p. e57407-e57407, 2023. DOI: <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v45i1.57407>

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Agropecuário** 2017: Resultados preliminares. Rio de Janeiro: IBGE, 2017. Disponível em: <https://censoagro2017.ibge.gov.br> Acesso em: 17 de abr. 2023.

LÉDO, A. A.; DONATO, A. L. R.; ASPIAZÚ, I.; SILVA, J. A.; DONATO, P. E. R.; CARVALHO, A. J. de. Yield and water use efficiency of cactus pear under arrangements, spacings and fertilizations. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 23, n. 6, p. 413-418, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v23n6p413-418>

LÉDO, A. A.; DONATO, A. L. R.; ASPIAZÚ, I.; SILVA, J. A. da; DONATO, P. E. R.; CARVALHO, A. J. de. Nutrient concentration and nutritional efficiency in ‘Gigante’ cactus pear submitted to different spacings and fertilizations. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.24, n.3, p.154-161, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v24n3p154-161>

LÉDO, A. A.; DONATO, A. L. R.; ASPIAZÚ, I.; SILVA, J. A. da; BRITO, C. F. B.; DONATO, P. E. R. Nutritional balance and recovery rate of macronutrients by ‘Gigante’ cactus pear under different fertilizations. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.25, n.2, p.82-89, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v25n2p82-89>

JESUS, A. G. de; SANTOS, D. B. dos; FERNANDES, J. C.; DONATO, S. L. R.; SILVA, J. A. Diagnóstico do sistema de produção da palma forrageira no perímetro irrigado do Distrito de Ceraíma. In: MATOS, R. R. S. S.; OLIVEIRA, P. S. T.; PEREIRA, R. Y. F. (Org.). **Ciências Agrárias: Conhecimentos Científicos e Técnicos e Difusão de Tecnologias**. 1 ed. Ponta Grossa: Atena Editora, 2020, v. 1, p. 99-110.

LÉDO, A. A.; DONATO, A. L. R.; ASPIAZÚ, I.; SILVA, J. A. da; DONATO, P. E. R.; CARVALHO, A. J. de. Nutrient concentration and nutritional efficiency in ‘Gigante’ cactus pear submitted to different spacings and fertilizations. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.24, n.3, p.154-161, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v24n3p154-161>

LÉDO, A. A.; DONATO, A. L. R.; ASPIAZÚ, I.; SILVA, J. A. da; BRITO, C. F. B.; DONATO, P. E. R. Nutritional balance and recovery rate of macronutrients by ‘Gigante’ cactus

pear under diferente fertilizations. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.25, n.2, p.82-89, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v25n2p82-89>

LIMA, R. L. S. de.; SEVERINO, L. S.; CAZETTA, J. O.; AZEVEDO, C. A. V. de.; SOFIATTI, V.; ARRIEL, N. H. C. Posição da folha e estágio fenológico do ramo para análise foliar do pinhão-mansão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** v.15, n.10, p.1068–1072, 2011.

LIMA, E.; VITTI, G. C.; SANTOS, L. A.; CICARONE, F. Cálcio e magnésio. In. FERNANDES, M. S.; SOUZA, S. R. de.; SANTOS, L. A. (Org.). **Nutrição mineral de plantas**. 2 ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 2018, p. 465-483

LOPES, M. A.; CÂNDIDO, M. J. D.; SILVEIRA, W. M.; MARANHÃO, T. D.; SOARES, I.; POMPEU, R. C. F.F.; SILVA, R. G.; CARNEIRO, M. S. S. Accumulation and export of nutrients in cactus pear cladodes (*Opuntia ficus-indica*) under different managements in the Brazilian Semiarid. **Revista Brasileira De Zootecnia**, v. 47, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/rbz4720170077>

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 201p.

MARSCHNER, P. (Ed.). **Marschner's mineral nutrition of higher plants**. 3.ed. Amsterdam: Elsevier, 2012. 651p.

MATOS, L.V.; DONATO, S.L.R.; KONDO, M.K.; LANI, J.L.; SILVA, B.L. STRUCTURAL CHARACTERISTICS AND YIELD OF 'GIGANTE' CACTUS PEAR IN AGROECOSYSTEMS IN SEMI-ARID REGION OF BAHIA. **Revista Caatinga**, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-21252020v33n426rc>

MATOS, L.V.; DONATO, S.L.R.; KONDO, M.K.; LANI, J.L.; ASPIAZÚ, I. Soil attributes and the quality and yield of 'Gigante' cactus pear in agroecosystems of the semiarid region of Bahia. **Journal of Arid Environments** 185, 2021. DOI: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v14.2.p554-590>

MATOS, L. V.; DONATO, S. L. R.; SILVA, B. L.; ASPIAZU, I.; LANI, J. L. In what proportions to semi-arid agroecosystems and production systems modify the bromatology of the 'Gigante' cactus pear. **NATIVA**, v.12, n.1, p.24-36, 2024. <https://doi.org/10.31413/nativa.v12i1.16507>

MARSCHNER, P. (Ed.). **Marschner's mineral nutrition of higher plants**. 3.ed. Amsterdam: Elsevier, 2012. 651p.

PADILHA JÚNIOR, M. C.; DONATO, S. L. R.; SILVA, J. A.; DONATO, P. E. R.; SOUZA, E. dos S. Características morfológicas e rendimento da palma forrageira 'Gigante' sob diferentes adubações e configurações de plantio. **Revista Verde**, v. 11, n. 1, p. 67-72, 2016. DOI: <https://doi.org/10.18378/rvads.v11i1.3710>

PADILHA JÚNIOR, M. C.; DONATO, S. L. R.; DONATO, P. E. R.; SILVA, J. A. Attributes of the soil with cactus pear under organic fertilization, different spacings and sampling times. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 24, n. 7, p. 444-450, 2020. DOI: <https://dx.doi.org/10.1590/18071929/agriambi.v24n7p444-450>

PATHAR, R. A.; PANDEY, R. M. Sampling for mineral content in leaves of mango cultivar 'Dashehari'. **Scientia Horticulturae**, v.5, p. 255-264, 1976.

PÉREZ-SÁNCHEZ, R. E.; MENDOZA-ORTÍZ, J. L.; MARTÍNEZ-FLORES, H. E.; ORTIZ-RODRÍGUEZ, R. The addition of three different levels of cactus pear (*Opuntia ficus indica*) to the diet of Holstein cows and its effect on milk production in the dry season. **Journal of the Professional Association for Cactus Development**, v.17, n.2, p. 81-88, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.56890/jpacd.v17i.63>

PRADO, R. M.; NATALE, W. Leaf Sampling in carambola trees. **Fruits**, v.59, p.281-289, 2004.

RAIJ, B.van. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo, Piracicaba, Ceres, Potafos, 1991. 343p.

RODRIGUES, M. G. V.; PACHECO, D. D.; NATALE, W.; SILVA, J. T. A. Amostragem foliar da bananeira 'Prata-Anã'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, p. 321-325, 2010.

ROMERO, M. A.; VÁSQUEZ, S. C.; ROMERO, E. A.; MOLINA-MÜLLER, M. L.; CAPA-MOROCHO, M. I.; GRANJA, F. Nutrient dynamic in cocoa leaves under different nitrogen sources: a reference tool for foliar analysis. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.44, n.5, e-035, 2022. DOI: <https://dx.doi.org/10.1590/0100-29452022035>

SANTOS, M. A.; DONATO, S. L. R.; NEVES, J. C. L.; MARQUES, P. R. R.; PEREIRA, M. C. T.; RODRIGUES, M. G. V. Kenworthy and DRIS norms for 'Prata-Anã' and 'BRS Platina' banana plants in improved fertility soils. **Nativa**. V. 13, n. 01, p. 11-19, 2025. DOI: DOI: <https://doi.org/10.31413/nat.v13i1.17623>

SILVA, J. A. da. **Palma forrageira cultivada sob diferentes espaçamentos e adubações química**. 2012. 78f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Programa de Pós-Graduação em Zootecnia - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Vitória da Conquista, 2012.

SILVA, J. A. da; BONOMO, P.; DONATO, S. L. R.; PIRES, A. J. V.; SILVA, F. F.; DONATO, P. E. R. Composição bromatológica de palma forrageira cultivada em diferentes espaçamentos e adubações química. **Agrária - Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 8, n. 2, p. 342-350, 2013. DOI: <https://doi.org/10.5039/agraria.v8i2a2431>

SILVA, J. A. da; DONATO, S. L. R.; DONATO, P. E. R.; SOUZA, E. dos S.; PADILHA JÚNIOR, M. C.; SILVA JUNIOR, A. A. e. Yield and vegetative growth of cactus pear at different spacings and under chemical fertilizations. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 6, p. 564-569, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v20n6p564-569>

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos** (métodos químicos e biológicos). 3. ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2009. 235p.

SOARES, R. S.; DONATO, S. L. R.; SILVA, J. A.; BRITO, C. F. B.; DONATO, P. E. R. Palma forrageira ‘Miúda’, ‘Orelha de Elefante Mexicana’ e ‘Gigante’ sob diferentes densidades de plantio. **Revista Brasileira de Geografia Física**. v. 18, n. 01, p. 565-586, 2025.

SOUZA, J. A. A. de; SANTOS, D. B.; CAMELO, T. C.; REIS, G. A.; COTRIM, C. E. Productivity and Nutrient Supply in ‘Gigante’ Cactus Pear with Regulated Deficit Irrigation Using Wastewater, v. 34, n. 4, p. 1-12, 2019. DOI: <https://doi.org/10.9734/JEAI/2019/48617>

SOUZA, M.T.C.; SILVA, M. E. F.; DE PAULO, P. E. M.; RIBEIRO, A. B.; ANDRADE, A. P; CASSUCE, M. R. Caracterização climática e o efeito do estresse hídrico sob as plantas nativas da caatinga. **PUBVET**, v. 8, n. 1, Art. 1655, 2014.

SUDENE. SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE. **Relatório final, Versão preliminar da revisão da delimitação do Semiárido Brasileiro no período de 1991 a 2020**. Recife: Sudene, 2021. 272p. Disponível em: <02semiaridorelatorionv.pdf (www.gov.br)>. Acesso em: 25.mai.2024.

TEIXEIRA, M. B.; DONATO, S. L. R.; SILVA, J. A. da; DONATO, P. E. R. Establishment of Dris norms for cactus pear grown under organic fertilization in semiarid conditions. **Revista Caatinga**, v. 32, n. 4, p. 952 – 959, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-21252019v32n411rc>

TEIXEIRA, M.B.; DONATO, S. L. R.; SILVA, J. A. da.; DONATO, P. E. R. Reference values for nutritional diagnosis of ‘Gigante’ cactus pear by DRIS and BIK methods. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 45, p. e010721-e010721, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/1413-7054202145010721>

TEIXEIRA, M.B.; DONATO, S.L.R.; SILVA, J.A.; DONATO, P.E.R. Reference values for nutritional diagnosis of ‘Gigante’ cactus pear by the boundary line approach. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.59, e-, 2024. <https://doi.org/10.1590/S1678-3921.pab2024.v59.03423>

VEIMROBER JUNIOR, L. A. A.; SILVA, N. D. da; SILVA, A. J. P. da; SANTOS, D. B. dos; GHEYI, H. R.; NASCIMENTO, F. A. L. do. Zoneamento Agroclimático da Palma Forrageira para o Estado da Bahia. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 13, n. 4, p.3578 – 3587, 2019. DOI: <https://doi.org/10.7127/rbai.v13n4001087>

ZAÑUDO-HERNÁNDEZ, J.; ARANDA, E. G. C.; RAMÍREZ-HERNÁNDEZ, B. C.; PIMIENTA-BARRIOS, E.; CASTILLO-CRUZ, I. Ecophysiological responses of *Opuntia* to water stress under various semi-arid environments. **Journal of the Professional Association for Cactus Development**, v.12, n.1, p.20-36, 2010. DOI: <https://doi.org/10.56890/jpacd.v12i.95>



Ministério da Educação
Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano

ANEXO X

**TERMO DE DEPÓSITO DEFINITIVO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO (TCC) – A SER
ENTREGUE AO DOCENTE DA DISCIPLINA**

Pelo presente, eu Douglas Guimarães Neves, acadêmico do curso de Bacharelado em Engenharia Agrônoma, Campus Guanambi, Matrícula nº 20181GBI01GB0005, CPF nº 078.324.295-69, RG nº 21.553.811-07 - SSP/BA - 25/08/2014, Telefone(s): (62)996909906, E-mail(s): douglasguimaraesn@gmail.com, encaminho a versão final do Trabalho de Conclusão de Curso, meu trabalho intitulado “Cladódio referência para avaliação do estado nutricional de palma forrageira” aprovado para depósito definitivo pelo Professor Orientador: Professor Sérgio Luiz Rodrigues Donato, requisito exigido para conclusão do curso.

Em julho de 2025



Douglas Guimarães Neves

Assinatura do estudante

**ATIVIDADE DO ACADÊMICO DO BACHARELADO EM ENGENHARIA AGRÔNOMICA -
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

PROTOCOLO DE ENTREGA (DEPÓSITO DEFINITIVO DO TCC)

Aluno: Douglas Guimarães Neves

Matrícula: 20181GBI01GB0005

Data de Protocolo: _____ Funcionário(a) Atendente: _____

Canhoto – Acadêmico Bacharelado em

Engenharia Agrônômica, Campus Guanambi



PRÓ-REITORIA DE ENSINO (PROEN) – IF Baiano

Rua do Rouxinol, N° 115 / Salvador – Bahia – CEP: 41.720-052

Telefone: (71) 3186-0001. Email: proen@ifbaiano.edu.br

Site: <http://www.ifbaiano.edu.br>

Documento assinado eletronicamente por:

- **Sergio Luiz Rodrigues Donato, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO** em 10/07/2025 23:17:36.
- **DOUGLAS GUIMARÃES NEVES, 20181GBI01GB0005 - Discente**, em 11/07/2025 03:47:08.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 10/07/2025. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifbaiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código 717713
Verificador: 218175c227
Código de
Autenticação:





**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO
PROFISSIONAL E
TECNOLÓGICA INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO,
CIÊNCIA E TECNOLOGIA BAIANO PRÓ-REITORIA DE
ENSINO**

ANEXO XI

**AUTORIZAÇÃO DE DIVULGAÇÃO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE
CURSO**

1) IDENTIFICAÇÃO:

AUTOR	Douglas Guimarães Neves
RG	21.553.811-07
FONE/EMAIL	(62) 99690 9906
VÍNCULO INSTITUCIONAL	Estudante do curso de engenharia agrônômica
TÍTULO DO DOCUMENTO	Cladódio Referência para avaliação do estado nutricional de palma forrageira.

2) DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO (ASSINALE UMA DAS OPÇÕES):

(X) Declara que o documento em questão é seu trabalho original, e que detém o direito de concedê-lo e que a entrega do documento não infringe, tanto quanto lhe é possível saber, os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;

() Declara que obteve autorização do detentor dos direitos de autor para concedê-los ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, e que esse material cujos direitos são de terceiros está claramente identificado e reconhecido no texto ou conteúdo do documento entregue.

3) TERMO DE AUTORIZAÇÃO: Na qualidade de titular dos direitos de autor do conteúdo supracitado, autorizo a Biblioteca do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano – *Campus* Guanambi, a disponibilizar a obra, gratuitamente em seu acervo impresso e/ou digital.

Vale ressaltar que a obra continua protegida por Direito Autoral sob a LEI Número 9.610 de 19 de FEVEREIRO de 1998 – DOU DE 20/2/98.

Em 10 de junho de 2025

Douglas Guimarães Neves

Assinatura do(a) estudante/autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais



PRÓ-REITORIA DE ENSINO (PROEN) – IF Baiano

Rua do Rouxinol, N° 115 / Salvador – Bahia – CEP: 41.720-052 Telefone: (71) 3186-0001. Email: proen@ifbaiano.edu.br
Site: <http://www.ifbaiano.edu.br>



Documento assinado digitalmente

DOUGLAS GUIMARAES NEVES
Data: 17/07/2025 20:20:54-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA INSTITUTO
FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA BAIANO
PRÓ-REITORIA DE ENSINO**

ANEXO XV

TERMO DE RESPONSABILIDADE DE AUTORIA

Eu, Douglas Guimarães Neves, Matrícula 20181GBI01GB0005, declaro conhecimento da Lei nº 9.610, de 19.02.98, que altera, atualiza e consolida a Legislação sobre Direitos Autorais, publicada no D.O.U. de 20.02.98, Seção I, pag. 3. Declaro, ainda, ser de minha inteira responsabilidade a autoria do texto apresentado no Trabalho de Conclusão de Curso sob o Título Cladódio referência para avaliação do estado nutricional de palma forrageira caso seja indicada utilização indevida, ilegal de textos de autoria de terceiros [sob encomenda, mediante pagamento (ou não)], em desrespeito aos direitos autorais, estou ciente das implicações legais decorrentes do ato que caracteriza crime de plágio.

Em 10 de Junho de 2025

Douglas Guimarães Neves
Assinatura do(a) estudante



Documento assinado digitalmente
DOUGLAS GUIMARAES NEVES
Data: 17/07/2025 20:22:45-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Documento Digitalizado Público

Juntada de documento - TCC II Engenharia Agrônômica - Douglas Guimarães Neves

Assunto: Juntada de documento - TCC II Engenharia Agrônômica - Douglas Guimarães Neves
Assinado por: Sergio Donato
Tipo do Documento: ANEXO
Situação: Finalizado
Nível de Acesso: Público
Tipo do Conferência: Documento Original

Documento assinado eletronicamente por:

- **Sergio Luiz Rodrigues Donato, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 18/07/2025 19:28:19.

Este documento foi armazenado no SUAP em 18/07/2025. Para comprovar sua integridade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifbaiano.edu.br/verificar-documento-externo/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 1108844

Código de Autenticação: 432acb0c99

