

## Palma forrageira: Adubação orgânica e mineral

Cactus pear: Organic and mineral fertilization

Palma forrajera: Fertilización orgánica y mineral

Recebido: 08/08/2022 | Revisado: 29/08/2022 | Aceitado: 19/09/2022 | Publicado: 26/09/2022

### **Rosa Maria dos Santos Pessoa**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8898-9161>  
Universidade Federal da Paraíba, Brasil  
E-mail: rosapessoa@gmail.com

### **Angela Maria dos Santos Pessoa**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7393-984X>  
Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Brasil  
E-mail: angelapessoapb@gmail.com

### **Dinah Correia da Cunha Castro Costa**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6962-6077>  
Universidade Federal da Paraíba, Brasil  
E-mail: dinahzootec@gmail.com

### **Paulo César da Silva Azevêdo**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2226-750X>  
Universidade Federal da Paraíba, Brasil  
E-mail: paulo.cesar.silva.azevedo@academico.ufpb.br

### **Glacyane Costa Gois**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4624-1825>  
Universidade Federal do Vale do São Francisco, Brasil  
E-mail: glacyane\_gois@yahoo.com.br

### **Fleming Sena Campos**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9027-3210>  
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Brasil  
E-mail: Flemingcte@yahoo.com.br

### **Saulo Laet Almeida Vicente**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9790-4265>  
Instituição Federal do Sertão Pernambucano, Brasil  
E-mail: saullo.laet@ifsertao-pe.edu.br

### **Joyanne Mirelle de Sousa Ferreira**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1371-1798>  
Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Brasil  
E-mail: joyanne.sousa@hotmail.com

### **Cleyton de Almeida Araújo**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3636-2890>  
Universidade Federal do Vale do São Francisco, Brasil  
E-mail: alcleytonaraujo@gmail.com

### **Deneson Oliveira Lima**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7145-8890>  
Universidade Federal do Vale do São Francisco, Brasil  
E-mail: denesonoliveira\_20@hotmail.com

### **Resumo**

As regiões semiáridas são caracterizadas pela baixa precipitação que afeta diretamente a disponibilidade de alimentos para a produção animal. O cultivo de espécies forrageiras que melhor adaptam-se a estas condições é essencial para evitar perdas produtivas, sendo a palma forrageira uma alternativa importante de alimento. Se manejada corretamente, com o uso de adubação, podemos obter alta produtividade da palma forrageira. Assim, esta revisão tem como objetivo avaliar a produção da palma forrageira com o uso de fertilizantes orgânico e mineral para cultivo no semiárido. A pesquisa foi desenvolvida por meio de uma revisão bibliográfica de natureza qualitativa. A palma forrageira é importante alternativa para o cultivo e alimentação animal em condições semiáridas, devido a sua adaptação à seca, produtividade e valor nutricional. Apresenta, além do potencial forrageiro, potencialidade na indústria de alimentos, medicamento e cosméticos. Como qualquer outra cultura, a palma necessita de adubação para alcançar alta produtividade, por apresentar elevado potencial de produção de fitomassa, a adubação pode ser orgânica e/ou mineral.

**Palavras-chave:** Cactácea; Fertilidade do solo; Forragem; *Nopalea*; *Opuntia*.

### Abstract

Semi-arid regions are characterized by low rainfall that directly affects the availability of food for animal production. The cultivation of forage species that best adapt to these conditions is essential to avoid productive losses, and cactus pear is an important food alternative. If managed correctly, with the use of fertilization, we can obtain high productivity of cactus pear. Thus, this review aims to evaluate the production of forage cactus with the use of organic and mineral fertilizers for cultivation in the semi-arid region. The research was developed through a bibliographic review of a qualitative nature. Cactus pear is an important alternative for cultivation and animal feeding in semi-arid conditions, due to its adaptation to drought, productivity and nutritional value. In addition to the forage potential, cactus pear presents potential in the food, medicine and cosmetics industry. Like any other crop, cactus pear needs fertilization to achieve high productivity, as it has a high potential for phytomass production, fertilization can be organic and/or mineral.

**Keywords:** Cactacea; Forage; *Nopalea*; *Opuntia*; Soil fertility.

### Resumen

Las regiones semiáridas se caracterizan por presentar escasas precipitaciones que afectan directamente la disponibilidad de alimentos para la producción animal. El cultivo de especies forrajeras que mejor se adapten a estas condiciones es fundamental para evitar pérdidas productivas, siendo las nopales forrajeras una importante alternativa alimenticia. Si se maneja correctamente, como el uso de fertilizantes, puede lograr una alta productividad. Así, esta revisión tiene como objetivo evaluar la producción de nopales forrajeros con el uso de fertilizantes orgánicos y minerales para el cultivo en la región semiárida. La investigación se desarrolló a través de una revisión bibliográfica de carácter cualitativo. La cactácea forrajera es una importante alternativa para el cultivo y alimentación animal en condiciones semiáridas, por su adaptación a la sequía, productividad y valor nutritivo. Presenta, además del potencial forrajero, potencial en la industria alimenticia, medicinal y cosmética. Como cualquier otro cultivo, la palma necesita fertilización para lograr una alta productividad, ya que tiene un alto potencial de producción de fitomasa, la fertilización puede ser orgánica y/o mineral.

**Palabras clave:** Cactáceas; Forraje; *Nopalea*; *Opuntia*; Fertilidad del suelo.

## 1. Introdução

As regiões áridas e semiáridas cobrem cerca de um terço da área terrestre do mundo e são habitadas por cerca de 400 milhões de pessoas. No Brasil, o semiárido ocupa uma vasta área, entre 750.000 a 850.000km<sup>2</sup>, equivalente a 48% da área total da região Nordeste e corresponde a 10% do território nacional, com abrangência de nove estados nordestinos e parte de Minas Gerais (Silva et al., 2014; IBGE, 2019). Estas áreas têm sido caracterizadas pela ocorrência de chuvas inconsistentes de períodos curtos e elevada evapotranspiração (Maniçoba et al., 2021). A caatinga é a principal formação vegetal existente nesta região, sendo considerada um ecossistema único por sua heterogeneidade (Pereira Júnior et al., 2014), apresentando ampla diversidade de espécies nativas e exóticas.

A distribuição irregular das chuvas reduz a possibilidade de safras de muitas espécies agrícolas, influencia na produção de frutíferas, pastagens e forragens e restringe a produção de gado (Rocha Filho et al., 2021), além da agricultura a pecuária também é afetada devido à restrição alimentar.

Entre as espécies do semiárido, a palma é muito usada por apresenta várias potencialidades de uso, na alimentação animal, na alimentação humana, na medicina, na indústria de cosméticos, entre outras (Oliveira et al., 2021). Esta espécie representa um importante recurso forrageiro (Leite et al., 2018). No entanto, o rendimento de seu cultivo está diretamente relacionado a diversos fatores que compõem o sistema de cultivo, entre eles, o uso de fertilizantes, tanto orgânicos quanto minerais (Silva et al., 2016a), que aumenta a produção de biomassa da palma forrageira (Foncesa et al., 2021).

Assim, objetivou-se com esta revisão avaliar a produção da palma forrageira com o uso de fertilizantes orgânico e mineral para cultivo no semiárido.

## 2. Metodologia

O estudo foi conduzido por meio de uma revisão narrativa e exploratória qualitativa, permitindo a identificação de lacunas sobre a temática abordada. Está é uma ferramenta poderosa na propagação de evidências e informações científicas

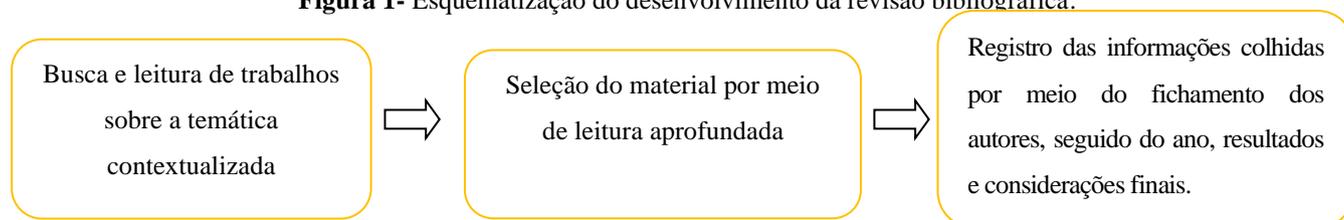
sobre um objeto de estudo em questão (Pereira et al., 2018). Em pesquisas qualitativas, destaca-se a importância da interpretação das opiniões relatadas por pesquisadores sobre o objeto de estudo, propagando evidências e informações científicas (Pereira et al., 2018; Patias & Hohendorff, 2019) e dessa forma contribuindo com os avanços científicos, sociais e tecnológicos.

Realizou-se uma revisão de literatura sobre o tema do estudo, a partir de levantamentos científicos por meio eletrônico nos sites: Science Direct (<https://www.sciencedirect.com>), Web of Science (WOS; <https://apps.webofknowledge.com>), Scientific Electronic Library Online (SciELO; <https://scielo.org>), Scopus (<https://www.scopus.com/sources>), portal periódicos CAPES (<https://www.periodicos.capes.gov.br>), Google Acadêmico (<https://scholar.google.com.br/?hl=pt>), assim como livros eletrônicos e busca em sites como Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE; <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9103-estimativas-depopulacao>), Acesso Livre à Informação Científica da Embrapa (Alice; <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/Alice>) e Journal Author Name Estimator (JANE; <https://jane.biosemantics.org/>), com o objetivo de identificar os principais estudos do tema central da revisão.

Como critério de inclusão textual, foram incorporadas bibliografias em português e em inglês que abordavam o seguinte tema: Palma forrageira: Adubação orgânica e mineral, publicadas no período de 2010 a 2022, sendo removidas as bibliografias fora do contexto abordado no estudo atual, além de estudos duplicados. As palavras-chave “Cactácea”, “fertilidade do solo”, “Forragem”, “nutrientes”, “*Opuntia*” e “*Nopalea*” foram utilizadas durante a pesquisa dos artigos.

Uma leitura dos achados bibliográficos foi realizada para posterior organização, sendo o material ordenado considerando as informações contidas nas fontes referenciadas, de maneira que auxiliassem na contextualização dos possíveis problemas da pesquisa (Nascimento et al., 2022). A seguir apresentamos as etapas utilizadas para a esquematização da revisão de literatura (Figura 1):

**Figura 1-** Esquematização do desenvolvimento da revisão bibliográfica.



Fonte: Adaptado de Nascimento et al. (2022).

Assim, foi possível selecionar os artigos utilizados no desenvolvimento da revisão de literatura, os quais são apresentados na tabela 1.

**Tabela 1** – Levantamento bibliográfico realizado para o desenvolvimento da revisão de literatura.

Autores	Ano	Título
Dubeux Júnior et al.	2010	Adubação mineral no crescimento e composição mineral da palma forrageira Clone IPA-201.
Gomes	2011	Adubação orgânica na produção de palma forrageira ( <i>Opuntia ficus-indica</i> (L) Mill.) no Cariri paraibano.
Silva et al.	2012	Composição mineral em cladódios de palma forrageira sob diferentes espaçamentos e adubações química.
Gois et al.	2013	Descrição morfológica, origem, domesticação, dispersão da palma forrageira e sua introdução no Brasil'
Silva et al.	2013	Composição bromatológica de palma forrageira cultivada em diferentes espaçamentos e adubações

		química.
Donato et al.	2014	Morfometria e rendimento da palma forrageira ‘Gigante’ sob diferentes espaçamentos e doses de adubação orgânica.
Donato et al.	2014	Valor nutritivo da palma forrageira ‘Gigante’ cultivada sob diferentes espaçamentos e doses de esterco bovino.
Leite et al.	2014	Caracterização da produção de palma forrageira no cariri paraibano.
Pereira Junior et al.	2014	Espécies da Caatinga como alternativa para o desenvolvimento de novos fitofármacos.
Silva et al.	2014	Produtividade da palma forrageira cultivada em diferentes densidades de plantio.
Queiroz et al.	2015	Características morfofisiológicas e produtividade da palma forrageira em diferentes lâminas de irrigação.
Ramos et al.	2015	Crescimento da palma forrageira em função da adubação orgânica.
Silva et al.	2015a	Características físicas, químicas e bromatológicas de palma gigante ( <i>Opuntia ficus-indica</i> ) E miúda ( <i>Nopalea cochenillifera</i> ) oriundas do Estado da Paraíba.
Silva et al.	2015b	Crescimento e produtividade de clones de palma forrageira no semiárido e relações com variáveis meteorológicas
Silva et al.	2015	Características morfológicas de três cultivares de palma forrageira sob fertilização mineral em Grande-PB.
Barros et al.	2016	Palma forrageira ‘Gigante’ cultivada com adubação orgânica.
Melo et al.	2016	Manejo da adubação orgânica e mineral na cultura da melancia no semiárido paraibano segunda safra.
Padilha Junior et al.	2016	Características morfométricas e rendimento da palma forrageira ‘Gigante’ sob diferentes adubações e configurações de plantio.
Scalisi et al.	2016	Cladode growth dynamics in <i>Opuntia ficus-indica</i> under drought.
Silva et al.	2016a	Yield and vegetative growth of cactus pear at different spacings and under chemical fertilizations.
Silva et al.	2016b	Extraction/export of nutrients in <i>Opuntia ficus-indica</i> under different spacings and chemical fertilizers.
ABIHPEC	2017	Associação Brasileira da Indústria de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos. <i>Panorama do setor de higiene pessoal, perfumaria e cosméticos: Resultados 2016.</i>
Amorim et al.	2017	Phenophases and cutting time of forage cactus under irrigation and cropping systems.
Arba et al.	2017	Effects of nitrogen and phosphorus fertilization on fruit yield and quality of cactus pear <i>Opuntia ficus-indica</i> (L.) Mill.
Cavalcante et al.	2017	Crescimento de palma forrageira em função da cura de segmentos dos cladódios.
Marques et al.	2017	Palma forrageira: cultivo e utilização na alimentação de bovinos.
Barbosa et al.	2018	Environmental variables influencing the expression of morphological characteristics in clones of the forage cactus.
Costa	2018	Composição bromatológica de variedades de palma forrageira fertirrigadas com N no semiárido brasileiro.
Leite et al.	2018	Palma forrageira: situação atual e perspectivas para o cultivo na região semiárida do Ceará, Brasil.
Leite et al.	2018	Palma forrageira N. adubada com N: características morfométricas, produtivas e nutricionais.
Lima et al.	2018	Adubos orgânicos no desenvolvimento de variedades da palma forrageira.
Peixoto, et al.	2018	Características agrônomicas e composição química da palma forrageira em função de diferentes sistemas de plantio.
Singh	2018	Are Nitrogen Fertilizers Deleterious to Soil Health?
IBGE	2019	<i>Estimativas da População.</i>

Lédo et al.	2019	Yield and water use efficiency of cactus pear under arrangements, spacings and fertilizations.
Miranda et al.	2019	Forage production and mineral composition of cactus intercropped with legumes and fertilized with different sources of manure.
Silva et al.	2019	Caracterização morfológica, frequência de colheita e ensilagem de palma forrageira: uma revisão.
Souza et al.	2019	Caracterização técnico-produtiva do sistema de cultivo de palma forrageira no Cariri paraibano.
Teixeira et al.	2019	Establishment of dris norms for cactus pear grown under organic fertilization in semiarid conditions.
Edvan et al.	2020	Resilience of cactus pear genotypes in a tropical semi-arid region subject to climatic cultivation restriction.
Lédo et al.	2020	Nutrient concentration and nutritional efficiency in ‘Gigante’ cactus pear submitted to different spacings and fertilizations.
Santos et al.	2020	Irrigação na palma forrageira.
Xavier et al.	2020	Caracterização biométrica de cladódios de <i>Opuntia stricta</i> submetida a lâminas de irrigação e adubação orgânica no Semiárido paraibano.
Benhamou et al.	2021	Characteristics of cellulose fibers from <i>Opuntia ficus indica</i> cladodes and its use as reinforcement for PET based composites,
Fonseca et al.	2021	Yield of ‘Gigante’ cactus pear cultivated under biofertilizer doses and application intervals.
Holanda et al.	2021	Development and morphometric characteristics of vetiver grass under different doses of organic fertilizer.
Ledo et al.	2021	Nutritional balance and recovery rate of macronutrients by ‘Gigante’ cactus pear under different fertilizations.
Magalhães et al.	2021	Chemical composition, fractionation of carbohydrates and nitrogen compounds, ruminal degradation kinetics, and <i>in vitro</i> gas production of cactus pear genotypes.
Maniçoba et al.	2021	Resposta do algodoeiro à supressão hídrica em diferentes fases fenológicas no semiárido brasileiro.
Messina et al.	2021	Seasonal characterization of nutritional and antioxidant properties of <i>Opuntia ficus-indica</i> [(L.) Mill.] mucilage.
Nkoi et al.	2021	The effect of nitrogen fertilization on the yield, quality and fatty acid composition of <i>Opuntia ficus-indica</i> seed oil.
Oliveira et al.	2021	Metabólitos secundários presentes na palma forrageira: benefícios e potencialidades.
Ramos et al.	2021	Forage yield and morphological traits of cactus pear genotypes.
Rocha Filho et al.	2021	Can spineless forage cactus be the queen of forage crops in dryland areas?
Silva et al.	2021	Avaliação do crescimento vegetativo de palma forrageira no Semiárido Alagoano.
Soares et al.	2021	Avaliação do crescimento vegetativo de palma forrageira no Semiárido Alagoano.
Surup et al.	2021	Opuntisines, 14-membered cyclopeptide alkaloids from fruits of <i>Opuntia stricta</i> var. <i>dillenii</i> isolated by high-performance countercurrent chromatography.
Nascimento Júnior et al.	2022	Bean meal and cactus pear in Santa Inês lamb rations for meat production: Intake, digestibility, performance, carcass yield, and meat quality.
Silva et al.	2022	Performance of lambs fed total feed silage based on cactus pear.

Fonte: Elaborado pelos autores.

### 3. Resultados e Discussão

#### 3.1 Palma forrageira

A palma é uma espécie da família Cactaceae, nativa do México e dispersa por vários continentes (Marques et al., 2017). Compreende as plantas de diversas espécies dos gêneros *Opuntia* e *Nopalea*. Estes gêneros, estão presentes às espécies de palma mais utilizadas como forrageiras (Edvan et al., 2020). Existem três espécies encontradas no Nordeste do Brasil, a palma gigante (*Opuntia ficus indica*), palma redonda (*Opuntia* spp.) e palma miúda (*Nopalea cochenilifera*), são cactáceas sem espinhos, de crescimento rápido e teor de umidade superior às outras cactáceas (Magalhães et al., 2021).

De forma geral, a palma, é um cacto suculento com forma de crescimento arbustivo ou arborescente, com altura variando de 1,5 a 5 m de altura, com caule de 60 a 150 cm de largura, com ramos clorofilados achatados, apresentando coloração verde-acinzentada, sendo mais compridos (30 - 60 cm) do que largos (6 - 15 cm), variando de densamente espinhosos até desprovidos de espinhos (Gois et al., 2013). As raquetes são suculentas, com diferentes tamanhos (Silva, 2015a), chamadas de cladódios, que surgem e se tornam responsáveis para fotossíntese, com botões capazes de produzir novos cladódios e são classificadas de acordo com a ordem de seu surgimento na planta (Amorim et al., 2017). Um cladódio plantado, responsável por propagação via clonal, o enraizamento e suporte de planta, é denominado “cladódio basal”, enquanto, os cladódios de primeira ordem são aqueles com maior disponibilidade de superfície assimiladora e, como tal, são os principais responsáveis pela sustentação da planta e distribuição de nutrientes e água para os demais órgãos (Queiroz et al., 2015).

É uma espécie de metabolismo ácido das crassuláceas (MAC), que confere a essas plantas adaptações a condições da região semiárida, devido ao aumento da eficiência do uso da água, visto que os estômatos são fechados durante o dia e evitam a perda de CO<sub>2</sub> e vapor de água (Scalisi et al., 2016), e abrem durante a noite para capturar o CO<sub>2</sub> necessário para seu metabolismo, quando as temperaturas ambientais e as perdas de água para a atmosfera são menores (Barbosa et al., 2018). Este metabolismo, torna a palma uma alternativa importante para o semiárido, por ser uma cultura portadora de aspecto fisiológico especial quanto à absorção, aproveitamento a perda de água, sendo bem adaptada às condições adversas desta região (Soares et al., 2021).

A palma forrageira é uma cultura semi perene de colheita bienal, permite uma colheita a cada dois anos (Silva et al., 2019), quando conduzida em condições de sequeiro, ao longo do seu ciclo produtivo pode sofrer modificações no crescimento e no desenvolvimento em resposta às alterações sazonais e interanuais das condições do ambiente (Silva et al., 2015b).

É uma espécie de grande importância para o Semiárido, principalmente, como recurso forrageiro devido ser de fácil propagação (Cavalcante et al., 2017), ter alto rendimento de biomassa fresca (163 ton/ha) e de matéria seca (12.46 ton/ha), essa capacidade produtiva ocorre devido ao seu metabolismo fotossintético MAC (Metabolismo Ácido das Crassuláceas), que captura CO<sub>2</sub> à noite, tornando a palma forrageira eficiente no uso da água (100-150 kg água/kg matéria seca) (Nascimento Junior et al., 2022). Além disso, a palma forrageira apresenta alta tolerância ao déficit hídrico, e apresenta em sua composição alto valor energético (66-74% de nutrientes digestíveis totais) e carboidratos não fibrosos (59 – 73 %; Magalhães et al., 2021), alta digestibilidade (69-78%), grande reserva de água (80% com base na matéria seca) (Silva et al., 2022). Pode ser incluída na dieta de ruminantes na forma de farelo desidratado, pastejo ou picada e servida no cocho (Marques et al., 2017).

A palma também é fonte de metabólitos secundários, que proporcionam benefícios à saúde e à alimentação de pessoas e ruminantes (Oliveira et al., 2021). Surup et al. (2021) relatam que estudos referentes aos frutos de palma vêm sendo realizado para identificar o perfil fotoquímico e identificar metabólicos, vendo essa espécie como uma opção comercial crescente em áreas agrícolas, devido as mudanças climáticas globais. Além destes estudos, Benhamou et al. (2021) estudaram características das fibras de celulose a base de cladódios *Opuntia ficus indica*, sendo mais uma possibilidade de mercado.

Messina et al. (2021) relataram que a mucilagem do cladódio tem potencialidades como aditivo para diversos produtos, apresentando potencial para a indústria de alimento e/ou nutricional. Outras pesquisas associam a palma forrageira à expansiva indústria de cosméticos e corantes, na qual o Brasil figura entre as maiores nações do mundo, detendo parte deste mercado (ABIHPEC, 2017). Além destas potencialidades, existe os benefícios sociais, o cultivo da palma por pequenos agricultores garante o aumento na oferta de alimento para os rebanhos durante o verão, redução da lotação animal em áreas de vegetação nativa e redução de gastos com a compra de alimentos para os animais (Leite et al., 2018).

A palma forrageira pode alcançar alta produtividade se manejada corretamente. A adubação orgânica e mineral é uma importante medida de manejo da cultura da palma, devendo ser realizada a cada corte, considerando a elevada extração de nutrientes com a remoção das raquetes (Arba et al., 2017; Nkoi et al., 2021). A combinação de fontes de fertilizantes mineral com adubo orgânico pode melhorar a eficiência da absorção de nutrientes pelas plantas.

### 3.2 Adubação em palma forrageira

A palma, por apresentar características morfofisiológicas de adaptação às condições de semiárido, é cultivada em larga escala em vários estados do Nordeste, sendo que em muitas regiões, o sistema de produção e a utilização da palma ainda são caracterizados pela baixa adoção de tecnologias que levam à obtenção de uma produtividade inferior ao potencial da cultura (Silva et al., 2021).

Como quaisquer outras culturas, a palma forrageira necessita de adubação para alcançar alta produtividade, sendo um fator determinante na produção de matéria verde. No entanto, a extração de nutrientes do solo pela cultura é alta. Logo, com o uso contínuo do solo, sem reposição de nutrientes, a produção tende a diminuir, seja pela exportação ou pela perda de nutrientes por erosão (Singh et al., 2018). O potencial produtivo da palma forrageira é máximo quando as relações de nutrientes são adequadas e proporcionam condições normais desenvolvimento de plantas (Teixeira et al., 2019). A palma absorve grandes quantidades de nutrientes do solo, cuja ordem de exportação é  $K > Ca > N > Mg > S > P$  para fertilização mineral, fertilização orgânica com  $30 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  de esterco e fertilização organomineral com 30 e  $60 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  de esterco mais NPK e PK, já pra adubações orgânicas com 60 e  $90 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  de esterco e fertilização organomineral com  $90 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  mais K, a ordem de absorção é  $K > Ca > N > Mg > P > S$  (Ledo et al., 2021).

Padilha Junior et al. (2016) relataram que as adubações química, orgânica e organomineral aumentam o rendimento da palma forrageira. No entanto, Leite et al. (2014) relataram que a adubação na cultura da palma forrageira ainda não é prática usual, predominando a orgânica, sendo utilizado esterco das próprias unidades rurais.

Na tabela a seguir (Tabela 2) apresentamos um levantamento de pesquisas que utilizaram adubação orgânica e mineral na fertilização da palma forrageira.

**Tabela 2** – Tipos de adubação, produtividade de matéria seca (PMS) e composição química da palma forrageira.

Palma	Tipo de adubação	Quantidade	PMS	MS	PB	MM	FDN	CHO	CNF	Fonte
			Mg ha <sup>-1</sup> 1	g.kg <sup>-1</sup> MN	g.kg <sup>-1</sup> MS					
Gigante	Esterco bovino (Mg ha <sup>-1</sup> )	30	10.0	64.0	105.00	-	-	-	-	Barros et al. (2016)
Gigante	Esterco bovino (Mg ha <sup>-1</sup> )	90	15.0	60.0	115.00	-	-	-	-	Barros et al. (2016)
Gigante	Esterco bovino (Mg ha <sup>-1</sup> )	20	8.96	-	51.5	137.0	-	799.0	-	Peixoto et al. (2018)
Gigante	P (kg.ha <sup>-1</sup> )	150	19.38	79.7	74.0	139.1	330.2	757.5	-	Silva et al. (2013)
Gigante	N-fósforo (kg.ha <sup>-1</sup> )	200-150	20.87	77.1	124.4	125.4	315.2	723.3	-	Silva et al. (2013)
Gigante	N-P-K (kg.ha <sup>-1</sup> )	200-150-100	22.7	77.2	123.5	133.2	314.8	714.7	-	Silva et al. (2013)
Gigante	Esterco bovino (Mg ha <sup>-1</sup> )	30	-	88.0	102.0	-	-	745.0	-	Donato et al. (2014)
Gigante	Esterco bovino (Mg ha <sup>-1</sup> )	60	-	116.0	110.0	-	-	730.0	-	Donato et al. (2014)
Gigante	Esterco caprino (Mg ha <sup>-1</sup> )	30	-	91.0	65.9	123.7	321.7	-	-	Gomes (2011)
Gigante	Esterco bovino (Mg ha <sup>-1</sup> )	60	-	89.9	74.6	121.8	284.5	-	-	Gomes (2011)
Miúda	N (kg.ha <sup>-1</sup> )	300	56.7	185.0	96.0	-	549.0	551.0	449.0	Leite et al. (2018)
Miúda	N (kg.ha <sup>-1</sup> )	600	51.9	171.0	87.0	-	360.0	581.0	419.0	Leite et al. (2018)
Negro Michoacan	N-P-K (kg.ha <sup>-1</sup> )	50-50-70	22.5	102.4	-	-	-	-	-	Ramos et al. (2021)
Polotitlan	N-P-K (kg.ha <sup>-1</sup> )	50-50-70	3.9	184.4	-	-	-	-	-	Ramos et al. (2021)
Tamazunchale	N-P-K (kg.ha <sup>-1</sup> )	50-50-70	21.1	121.3	-	-	-	-	-	Ramos et al. (2021)
Texas	N-P-K (kg.ha <sup>-1</sup> )	50-50-70	14.9	90.4	-	-	-	-	-	Ramos et al. (2021)
OEM	N	150	-	90.0	60.0	150.0	330.0	600.0	400.0	Costa

	(kg.ha <sup>-1</sup> )									(2018)
OEM	N	300	-	110.0	80.0	140.0	300.0	610.0	400.0	Costa
	(kg.ha <sup>-1</sup> )									(2018)

PMS= produção de matéria seca (Mg ha<sup>-1</sup>); MS= matéria seca (g.kg<sup>-1</sup>); MN= matéria natural (g.kg<sup>-1</sup>); PB= proteína bruta (g.kg<sup>-1</sup>); MM= matéria mineral (g.kg<sup>-1</sup>); FDN= fibra em detergente neutro (g.kg<sup>-1</sup>); CHO= carboidratos totais (g.kg<sup>-1</sup>); CNF= carboidratos não fibrosos (g.kg<sup>-1</sup>); OEM= orelha de elefante mexicana.

### 3.2.1 Adubação orgânica em palma forrageira

O uso de materiais orgânicos nos sistemas agrícolas tem sido muito difundido, dadas as importantes contribuições em nível econômico e ambiental. Do ponto de vista econômico, pode-se considerar como fator principal o aumento na renda do produtor, por conta da diminuição do uso de fertilizantes e defensivos industrializados, o que viabiliza o cultivo para agricultores menos capitalizados, podendo gerar resultados promissores em relação a adubação mineral (Melo et al., 2016). Souza et al. (2019) relataram que os agricultores que cultivam palma forrageira no Cariri paraibano, geralmente não utilizam à adubação química devido ao elevado custo em comparação à adubação orgânica, na qual eles praticam com o mínimo de custo possível.

A adubação orgânica na palma é realizada geralmente com esterco de bovinos, caprinos e ovinos, está adubação disponibiliza nutrientes (Leite et al., 2018), é uma prática agrícola amplamente utilizada para melhorar as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (Holanda et al., 2021).

Aplicações sucessivas de esterco a longo prazo podem elevar os estoques de nutrientes do solo, principalmente as frações orgânicas de N e P, além do K trocável e outros nutrientes (Ramos et al., 2015), no entanto, estes esterco apresentam uma composição completa com praticamente todos os elementos necessários para plantas podendo ser usado de forma exclusiva na adubação (Soares et al., 2021). De modo geral, uma abundância de matéria orgânica aumenta a produção de matéria seca da palma forrageira (Miranda et al., 2019).

Para aplicação da adubação orgânica em palma, recomenda utilizar estrume bovino e caprino, na quantidade de 10 a 30t/ha na época do plantio, e a cada dois anos, no período próximo ao início da estação chuvosa (Lédo et al., 2020). A presença do esterco de animais, principalmente o bovino, na maioria das propriedades agrícolas é uma ferramenta a mais na manutenção da fertilidade dos solos do semiárido brasileiro (Soares et al., 2021).

Diversos são os trabalhos que avaliam a adição de compostos orgânicos proporcionando aumentos na produtividade na palma. Donato et al. (2014); Ramos et al. (2015) e Xavier et al. (2020) relataram que o incremento de doses de esterco promove o aumento da altura da planta e comprimento do cladódio da palma. Lima et al. (2018) relataram que a adubação orgânica com esterco favorece o crescimento e desenvolvimento da variedade de palma forrageira, e que a ausência de efeito das outras fontes de adubação sobre o desenvolvimento e produção da palma, possivelmente esteja relacionado às doses utilizadas.

### 3.2.2 Adubação mineral em palma forrageira

Na região semiárida brasileira, existem poucas informações sobre o crescimento e desenvolvimento de variedades de palma forrageira em respostas a utilização de adubos minerais, obtidas de forma científica e que permitam análises conclusivas sobre esta cultura (Lima et al., 2018). Por outro lado, a palma por ser uma cactácea que apresenta características morfofisiológicas de adaptação as condições de semiárido, passou a ser cultivada em larga escala pelos criadores das bacias leiteiras, assim, o uso de adubação mineral é uma importante estratégia de manejo para aumentar a eficiência na produção (Dubeux Júnior et al., 2010).

O cultivo da palma forrageira exige do solo boa fertilidade, principalmente em nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) (Souza et al., 2019). Silva et al. (2015) em estudo com três cultivares de palma forrageira sob fertilização mineral, relataram influência de NPK com características morfológicas, principalmente para a espessura de cladódios.

A adubação é um fator que aumenta a produtividade, com incrementos em média de 153,32% para massa verde e de 144,30% para matéria seca no segundo e terceiro ciclos, respectivamente (Santos et al., 2020). Silva et al. (2016b) também relataram que o crescimento da palma forrageira, número de cladódios e o índice de área do cladódio foram dependentes de vários fatores, entres eles, a fertilizações com NPK. No entanto, Silva et al. (2012) relataram que as adubações com NPK e NP reduzem os teores de Ca e Na e aumentam os teores de N, P, S e Mn, nos tecidos de cladódios de palma cv gigante. Assim, seria importante a utilização das duas fontes de adubação, que segundo Lédo et al. (2020), a eficiência nutricional de N, P, S, Mn e Zn é maior com adubação orgânica e organomineral e estão associadas às maiores produtividades de matéria seca, enquanto de K é maior com adubação mineral.

Lédo et al. (2019) relataram que o maior aporte de nutrientes, principalmente orgânicos e minerais, no de estabilização da cultura, apresentaram valores superiores de produção, demonstrando a importância da fertilização como fator de produção, capaz de aumentar a produtividade de MS (matéria seca) em plantas palmas.

A adubação com fontes de fertilizantes minerais, orgânicos ou organominerais, em proporções adequadas, otimiza a produção de matéria verde, acúmulo de nutrientes nos cladódios e rendimento de matéria seca da palma forrageira. Além disso, podem determinar diferenças nas quantidades de nutrientes extraídas e exportadas pelos cladódios, o que se torna mais importante quando se consideram vários ciclos de colheita. Neste sentido, o equilíbrio das entradas e saídas de nutrientes e a taxa de recuperação pela planta dos nutrientes aplicados podem diferir de acordo com as fontes e / ou doses (Lédo et al., 2021), mesmo sob condição de sequeiro, o que reforça a ideia desse cultivo como prática de convivência com o Semiárido brasileiro (Santos et al., 2020).

#### 4. Considerações Finais

A palma necessita de adubação orgânica e/ou mineral para suprir as carências do solo o qual fornecerá aporte nutricional à palma e essa possa expor todo o seu potencial produtivo.

Estudos futuros são necessários e pertinentes para que se tenham recomendações regionais de qual seria a melhor fertilização (orgânica ou mineral) a ser realizada de acordo com o tipo de palma que será constituída ou que compõe o palmal.

#### Referências

- ABIHPEC. 2017. Associação Brasileira da Indústria de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos. *Panorama do setor de higiene pessoal, perfumaria e cosméticos: Resultados 2016*. <<https://abihpec.org.br/publicacao/panorama-do-setor-2017/>>.
- Amorim, D. M., Silva, T. G. F., Pereira, P. C., Souza, L. S. B., & Minuzzi, R. B. (2017). Phenophases and cutting time of forage cactus under irrigation and cropping systems. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 47(1), 62-71.
- Arba, M., Falisse, A., Choukr-Allah, R., & Sindic, M. (2017). Effects of nitrogen and phosphorus fertilization on fruit yield and quality of cactus pear *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. *Fruits – International Journal of Tropical and Subtropical Horticulture*, 72(4), 212–220.
- Barbosa, M. L., Silva, T. G. F., Zolnier, S., Silva, S. M. S., & Ferreira, W. P. M. (2018). Environmental variables influencing the expression of morphological characteristics in clones of the forage cactus. *Revista Ciência Agronômica*, 49(3), 399-408.
- Barros, J. L., Donato, S. L. R., Gomes, V. M., Donato, P. E. R., da Silva, J. A., Júnior, M. C. P. Palma forrageira ‘Gigante’ cultivada com adubação orgânica. *Revista Agrotecnologia*, v.7, n.1, p.53-65, 2016.
- Benhamou, A., Boussetta, A., Grimi, N., Idrissi, M. E., Nadifiyine, M., Barba, F. J., & Moubarik, A. (2021). Characteristics of cellulose fibers from *Opuntia ficus indica* cladodes and its use as reinforcement for PET based composites, *Journal of Natural Fibers*, 20(1), 1-17.
- Cavalcante, A. B., Leite, M. L. M. V., Pereira, J. S., & Lucena, L. R. R. (2017). Crescimento de palma forrageira em função da cura de segmentos dos cladódios. *Revista Tecnologia & Ciência Agropecuária*, 11(5), 15-20.

- COSTA, P. S. Composição bromatológica de variedades de palma forrageira fertirrigadas com N no semiárido brasileiro. 2018. 36f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Programa de Pós-graduação em Ciência Animal, Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Universidade Federal de Campina Grande, Patos - PB, 2018. <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/808>
- Donato, P. E. R., Pires, A. J. V., Donato, S. L. R., Bonomo, P., Silva, J. A., & Aquino, A. A. (2014a). Morfometria e rendimento da palma forrageira 'Gigante' sob diferentes espaçamentos e doses de adubação orgânica. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 9(1), 151-158.
- Donato, P. E. R., Pires, A. J. V., Donato, S. L. R., da Silva, J. A., 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, 2014b.
- Dubeux Júnior, J. C. B., Araújo Filho, J. T., Santos, M. V. F., Lira, M. A., Santos, D. C., & Pessoa, R. A. S. (2010). Adubação mineral no crescimento e composição mineral da palma forrageira –Clone IPA-201. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 5(1), 129-135.
- Edvan, R. L., Mota, R. R.M., Dias-Silva, T. P., Nascimento, R. R., Sousa, S. V., Silva, A. L., Araújo, M. J., & Araújo, J. S. (2020). Resilience of cactus pear genotypes in a tropical semi-arid region subject to climatic cultivation restriction. *Scientific Reports*, 10(e10040), 1-14.
- Fonseca, V. A., Rodrigues, C. S., Alvarenga, R. R., Santos, D. B., Bebé, F. V., & Pina, D. S. (2021). Yield of 'Gigante' cactus pear cultivated under biofertilizer doses and application intervals. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 25(9), 633-640.
- Gois, G. C., Silva, F. C. S., & Ribeiro, W. S. (2013). 'Descrição morfológica, origem, domesticação, dispersão da palma forrageira e sua introdução no Brasil'. In: Ribeiro, W. S., Silva, F. C. S., Costa, E. R., Silva, S. M., & Eculica, G. C. (org.). *A Palma e sua importância no nordeste brasileiro (9-79)*, Editora Kiron, Brasília - DF.
- GOMES, J. B. Adubação orgânica na produção de palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* (L) Mill.) no Cariri paraibano. 2011. 63f. (Dissertação de Mestrado em Zootecnia), Programa de Pós-graduação em Zootecnia, Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Universidade Federal de Campina Grande - Patos - Paraíba - Brasil, 2011. <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/8709>
- Holanda, S. R., Dias, K. L. L., Santos, L. D. V., Brito, C. R. M., Melo, J. C. R., & Santos, L. S. (2021). Development and morphometric characteristics of vetiver grass under different doses of organic fertilizer. *Revista Caatinga*, 34(1), 20-30.
- IBGE. (2019). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Estimativas da População*. <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9103-estimativas-depopulacao>. Acesso em: 09 mai. 2021.
- Ledo, A. A., Donato, S. L. R., Aspiazú, I., Silva, J. A., Brito, C. F. B., & Donato, P. E. R. (2021). Nutritional balance and recovery rate of macronutrients by 'Gigante' cactus pear under different fertilizations. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 25(2), 82-89.
- Lédo, A. A., Donato, S. L. R., Aspiazú, I., Silva, J. A., Donato, P. E. R., & Carvalho, A. J. (2020). Nutrient concentration and nutritional efficiency in 'Gigante' cactus pear submitted to different spacings and fertilizations. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 24(3), 154-161.
- Lédo, A. A., Donato, S. L. R., Aspiazú, I., Silva, J. A., Donato, P. E. R., & Carvalho, A. J. (2019). Yield and water use efficiency of cactus pear under arrangements, spacings and fertilizations. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 23(6), 413-418.
- Leite, T. S., Leite, M. S., & Torres, S. B. (2018). Palma forrageira: situação atual e perspectivas para o cultivo na região semiárida do Ceará, Brasil. *Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR*, 21(2), 77-83.
- Leite, J. R. A., Sales, E. C. J. D., Monção, F. P., Guimarães, A. D. S., Rigueira, J. P. S., Gomes, V. M. Palma forrageira N. adubada com N: características morfológicas, produtivas e nutricionais. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, v. 40, 2018. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v40i1.38325>
- Leite, M. V., Silva, D. S., Andrade, A. P., Pereira, W. E., & Ramos, J. P. F. (2014). Caracterização da produção de palma forrageira no cariri paraibano. *Revista Caatinga*, 27(2), 192 – 200.
- Lima, W. S., Perez-Marin, A. M., & Lambais, G. R. (2018). Adubos orgânicos no desenvolvimento de variedades da palma forrageira. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 13(2), 170-175.
- Magalhães, A. L. R., Teodoro, A. L., Oliveira, L. P., Gois, G. C., Campos, F. S., Andrade, A. P., Melo, A. A. S., Nascimento, D. B., & Silva, W. A. (2021). Chemical composition, fractionation of carbohydrates and nitrogen compounds, ruminal degradation kinetics, and *in vitro* gas production of cactus pear genotypes. *Ciência Animal Brasileira*, 22, e-69338.
- Maniçoba, R. M., Sobrinho, J. E., Zonta, J. H., Cavalcante Junior, E. G., Oliveira, A. K., & Freitas, I. A. S. (2021). Resposta do algodoeiro à supressão hídrica em diferentes fases fenológicas no semiárido brasileiro. *Irriga*, 26(1), 123-133.
- Marques, O. F. C., Gomes, L. S. P., Mourthé, M. H. F., Braz, T. G. S., & Pires Neto, O. S. (2017). Palma forrageira: cultivo e utilização na alimentação de bovinos. *Caderno Ciências Agrárias*, 9(1), 75-93.
- Melo, W. B., Pereira, F. H. F., Oliveira Filho, F. S., Sá, F. V. S., Lacerda, F. H. D., & Junior, J. E. C. (2016). Manejo da adubação orgânica e mineral na cultura da melancia no semiárido paraibano segunda safra. *Revista Ciências Agrária*, 59(3), 265-274.
- Messina, C. M., Arena, R., Morghese, M., Santulli, A., Liguori, G., & Inglese, P. (2021). Seasonal characterization of nutritional and antioxidant properties of *Opuntia ficus-indica* [(L.) Mill.] mucilage. *Food Hydrocolloids*, 111(1), 1-7.
- Miranda, K. R., Dubeux Junior, J. C. B., Mello, A. C. L., Silva, M. C., Santos, M. V. F., & Santos, D. C. (2019). Forage production and mineral composition of cactus intercropped with legumes and fertilized with different sources of manure. *Ciência Rural*, 49(1), 1-6.

- Nascimento Júnior, J. R. S., Magalhães, A. L. R., Sousa, D. R., Bezerra, J. D. C., Melo, A. A. S., Gois, G. C., Campos, F. S., Santos, K. C; Pereira, K. D., Azevedo, O. S., & Santos, L. M. (2022). Bean meal and cactus pear in Santa Inês lamb rations for meat production: Intake, digestibility, performance, carcass yield, and meat quality. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 20(2), e0602.
- Nascimento, M. I. S. S., Ferreira, F. F. S., Albuquerque, H. J. O., Nascimento, T. L. F., Albuquerque, H. O., Cabral, A. M. D., Silva, L. V. D., Santos, M. J. M., Barreto, L. M. G., Lima, V. R. S., Santos, G. C. L. (2022). Insights dos principais produtos oriundos da caprinovinocultura no Nordeste brasileiro. *Research, Society and Development*, 11(5), e41811528264.
- Nkoi, V., Wit, M., Fouche, H., Coetzer, G., & Hugo, A. (2021). The effect of nitrogen fertilization on the yield, quality and fatty acid composition of *Opuntia ficus-indica* seed oil. *Sustainability*, 13(e10123).
- Oliveira, J. F. F., Valença, R. L., Cunha, G. L. C., Araújo, F. S., & Magalhães, A. L. R. (2021). Metabólitos secundários presentes na palma forrageira: benefícios e potencialidades. *Research, Society and Development*, 10(2), 1-16.
- Padilha Junior, M. C., Donato, S. L. R., Silva, J. A., Donato, P. E. R., & Souza, E. S. (2016). Características morfométricas e rendimento da palma forrageira 'Gigante' sob diferentes adubações e configurações de plantio. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 11(1), 67-72.
- Patias, N. D., & Hohendorff, J. V. (2019). Quality criteria for qualitative research articles. *Psicologia em estudo*, 24(1), 1-14.
- Peixoto, M. J. A., Carneiro, M. D. S., Amorim, D. S., Edvan, R. L., Pereira, E. S., Costa, M. R. G. F. Características agrônômicas e composição química da palma forrageira em função de diferentes sistemas de plantio. *Archivos de zootecnia*, v. 67, n. 257, p. 35-39, 2018.
- Pereira, A. S., Shitsuka, D. M., Parreira, F. J., & Shitsuka, R. (2018). *Metodologia da pesquisa científica*. Núcleo de Tecnologia Educacional.
- Pereira Junior, L. R., Andrade, A. P., Araújo, K. D., Barbosa, A. S., & Barbosa, F. M. (2014). Espécies da Caatinga como Alternativa para o Desenvolvimento de Novos Fitofármacos. *Floresta e Ambiente*, 21(4), 509-520.
- Queiroz, M. G., Silva, T. G. F., Zolnier, S., Silva, S. M. S., Lima, L. R., & Alves, J. O., 2015. Características morfofisiológicas e produtividade da palma forrageira em diferentes lâminas de irrigação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 19(10), 931-938.
- Ramos, J. P. D. F., Macêdo, A. J. D. S., Santos, E. M., Edvan, R. L., Sousa, W. H. D., Perazzo, A. F., Cartaxo, F. Q. Forage yield and morphological traits of cactus pear genotypes. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v. 43, 2021. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v43i1.51214>
- Ramos, J. P. F., Santos, E. M., Pinho, R. M. A., Bezerra, H. F. C., Pereira, G. A., Beltrão, G. R., & Oliveira, J. S. (2015). Crescimento da palma forrageira em função da adubação orgânica. *Revista Eletrônica de Veterinária*, 16(12), 1-12.
- Rocha Filho, R. R., Santos, D. C., Vêras, A. S. C., Siqueira, M. C. B., Novaes, L. P., Luna, R. M., Monteiro, C. C. F.; & Ferreira, M. A. (2021). Can spineless forage cactus be the queen of forage crops in dryland areas? *Journal of Arid Environments*, 186(e104426), 1-8.
- Santos, M. R., Donato, S. L. R., & Cotrim Junior, P. R. F. (2020). Irrigação na palma forrageira. *Revista Agrotecnologia*, 11(1), 75-86.
- Scalisi, A., Morandi, B., Inglese, P., & Bianco, R. L. (2016). Cladode growth dynamics in *Opuntia ficus-indica* under drought. *Environmental and Experimental Botany*, 122(1), 158-167.
- Silva, J. K. B., Araújo, G. G. L., Santos, E. M., Oliveira, J. S., Campos, F. S., Gois, G. C., Silva, T. S., Matias, A. G. S., Ribeiro, O. L., Perazzo, A. F., & Zanine, A. M. (2022). Performance of lambs fed total feed silage based on cactus pear. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuárias*, 13(1), 19-31.
- Silva, F. M. F., Albuquerque, A. L. S., & Silva, W. R. T. (2021). Avaliação do crescimento vegetativo de palma forrageira no Semiárido Alagoano. *Diversitas Journal*, 6(1), 1777-1785.
- Silva, A. L., Sousa, D. B., Amorim, D. S., Santos, M. S., Silva, K. B., & Nascimento, R. R. (2019). Caracterização morfológica, frequência de colheita e ensilagem de palma forrageira: uma revisão. *Nucleus Animalium*, 11(1), 13-24.
- Silva, J. A., Donato, S. L. R., Donato, P. E. R., Souza, E. S., Padilha Júnior, M. C., & Silva Junior, A. A. S. (2016a). Yield and vegetative growth of cactus pear at different spacings and under chemical fertilizations. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 20(6), 564-569.
- Silva, J. A., Donato, S. L. R., Donato, P. E. R., Souza, E. S., Padilha Júnior, M. C., & Silva Junior, A. A. (2016b). Extraction/export of nutrients in *Opuntia ficus-indica* under different spacings and chemical fertilizers. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 20(3), 236-242.
- Silva, A. P. G., Souza, C. C. E., Ribeiro, J. E. S., Santos, M. C. S., Pontes, A. L. S., & Madruga, M. S. (2015a). Características físicas, químicas e bromatológicas de palma gigante (*Opuntia ficus-indica*) E miúda (*Nopalea cochenillifera*) oriundas do Estado da Paraíba. *Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial*, 9(2), 1810-1820.
- Silva, T. G. F., Primo, J. T. A., Morais, J. E. F., Diniz, W. J. S., Souza, C. A. A., & Silva, M. C. (2015b). Crescimento e produtividade de clones de palma forrageira no semiárido e relações com variáveis meteorológicas. *Revista Caatinga*, 28(2), 10-18.
- Silva, P. F., Matos, R. M., Borges, V. E., Melo Júnior, A. P., & Neto, J. D. (2015). Características morfológicas de três cultivares de palma forrageira sob fertilização mineral em Grande-PB. *Enciclopédia Biosfera*, 11(21), 1-11.
- Silva, L. M., Fagundes, J. L., Viegas, P. A. A., Muniz, E. N., Rangel, J. H. A., Moreira, A. L., & Backes, A. A. (2014). Produtividade da palma forrageira cultivada em diferentes densidades de plantio. *Ciência Rural*, 44(11), 2064-2071.
- 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*, v. 8, n. 2, p. 342-350, 2013. 10.5039/agraria.v8i2a2431

Silva, J. A., Bonomo, P., Donato, S. L. R., Pires, A. J. V., Rosa, R. C. C., & Donato, P. E. R. (2012). Composição mineral em cladódios de palma forrageira sob diferentes espaçamentos e adubações química. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 7(1), 866-875.

Singh, B. (2018). Are Nitrogen Fertilizers Deleterious to Soil Health? *Agronomy*, 8(4), 1-19.

Soares, F. M. F., Albuquerque, A. L. S., & Silva, W. R. T. (2021). Avaliação do crescimento vegetativo de palma forrageira no Semiárido Alagoano. *Diversitas Journal*, 6(1), 1777-1785.

Souza, J. T. A., Nascimento, M. G. R., Figueredo, J. P., Nápoles, F. A. M., & Andrade, F. H. A. (2019). Caracterização técnico-produtiva do sistema de cultivo de palma forrageira no Cariri paraibano. *Revista de Agricultura Neotropical*, 6(2), 64-71.

Surup, F., Tran, T. M. T., Ptütze, S., Budde, J., Moussa-Ayoub, T. E., Rohn, S., & Jerz, G. (2021). Opuntisines, 14-membered cyclopeptide alkaloids from fruits of *Opuntia stricta* var. *dillenii* isolated by high-performance countercurrent chromatography. *Food Chemistry*, 334 (e127552), 1-9.

Teixeira, M. B., Donato, S. L. R., Silva, J. A., & Donato, P. E. R. (2019). Establishment of dris norms for cactus pear grown under organic fertilization in semiarid conditions. *Revista Caatinga*, 32(4), 952-959.

Xavier, M. A., Batista, M. C., Santos, J. P. O., Silva, J. L. C., Cartaxo, P. H. A., Reges, R. S., & Pereira, D. D. (2020). Caracterização biométrica de cladódios de *Opuntia stricta* submetida a lâminas de irrigação e adubação orgânica no Semiárido paraibano. *Revista Agrarian*, 13(47), 74-81.