



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO**  
**UNIDADE ACADÊMICA DE SERRA TALHADA**

**JOÃO PEDRO ALVES DE SOUZA SANTOS**

**MANEJO DE CORTE DE CLONES DE PALMA FORRAGEIRA:  
ENTENDENDO A DINÂMICA DE CRESCIMENTO E O EFEITO NA  
EFICIÊNCIA DE PRODUÇÃO**

**SERRA TALHADA**  
**PERNAMBUCO – BRASIL**

**2021**

JOÃO PEDRO ALVES DE SOUZA SANTOS

**MANEJO DE CORTE DA PALMA FORRAGEIRA: ENTENDENDO A  
DINÂMICA DE CRESCIMENTO E O EFEITO NA EFICIÊNCIA DE  
PRODUÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso Bacharelado  
em Agronomia pela Universidade Federal  
Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de  
Serra Talhada, como requisito básico para a  
conclusão do curso.

Orientador: Prof. DSc. Thieres George Freire  
da Silva.

SERRA TALHADA  
PERNAMBUCO - BRASIL

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Sistema Integrado de Bibliotecas  
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

S237m

Alves de Souza Santos, João Pedro

MANEJO DE CORTE DE CLONES DE PALMA FORRAGEIRA: ENTENDENDO A DINÂMICA DE CRESCIMENTO E O EFEITO NA EFICIÊNCIA DE PRODUÇÃO / João Pedro Alves de Souza Santos. - 2021. 59 f.

Orientador: Thieres George Freira da Silva.  
Coorientador: George do Nascimento Araujo .  
Inclui referências.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Bacharelado em Agronomia, Serra Talhada, 2021.

1. Relação Fonte: Dreno. 2. Intensidade de corte. 3. Opuntia e Nopalea. 4. Semiárido.. I. SILVA, Thieres George Freira da, orient. II. , George do Nascimento Araujo, coorient. III. Título

CDD 630

---

JOÃO PEDRO ALVES DE SOUZA SANTOS

**MANEJO DE CORTE DA PALMA FORRAGEIRA: ENTENDENDO A  
DINÂMICA DE CRESCIMENTO E O EFEITO NA EFICIÊNCIA DE  
PRODUÇÃO**

Trabalho de Conclusão de curso Bacharelado em Agronomia pela Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, como requisito básico para a conclusão do curso.

Aprovada em 23 de fevereiro de 2021.

Banca Examinadora

---

Prof. DSc. Thieres George Freire da Silva – UFRPE/UAST  
Orientador

---

Prof<sup>a</sup>. DSc. Luciana Sandra Bastos de Souza – UFRPE/UAST  
1º Examinador

---

MSc. George do Nascimento Araújo Júnior – UFRPE/UAST  
2º Examinador

---

MSc. Carlos André Alves de Souza – UFRPE/UAST  
3º Examinador

À toda minha família, em especial, a minha mãe, Sheila Jaqueline Alves da Silva, minha Avó materna, Maria Cícera da Silva, meu Tio, Alessandro Alves da Silva, meus Irmãos, Gustavo Alves de Souza Santos, Lucas Gabriel Alves Gomes e Miguel Alexandre Alves Gomes e meus Afilhados, Maria Isabella de Souza Alves, Isaac Manoel Souza Alves e Álvaro Ryan da Silva por todo o amor e carinho, por toda a paciência, por todas as batalhas que passaram e enfrentaram para me proporcionar o estudo, por todos os conselhos e exemplos, palavras e incentivos, os quais me fizeram sempre seguir em frente de cabeça erguida e nunca desistir dos meus objetivos. Com toda minha admiração e gratidão.

**Dedico!**

## AGRADECIMENTOS

Á todas as minhas tias, Edjane Maria da Silva Nascimento, Edsângela Maria da Silva e meus Primos, Kamilla Kelly da Silva, Victor Gabriel da Silva Nascimento e Winicios Kennedy pelo acolhimento, suporte e carinho que recebi quando cheguei e que perdurou diariamente até o último dia em que residi em Serra Talhada.

Á todos meus amigos de infância, João Pedro Figueiredo, Luiz Haroldo Junior, Felipe Pereira, Jason Junior, Pedro Antônio Junior, Luiz Fernando, Phablo Henrique, Maviael ferraz (*In memoriam*) e todos aqueles que cresceram e evoluíram comigo nas ruas da Cohab de Floresta - PE, agradeço pelo carinho, pelo companheirismo e principalmente pelo apoio em cada conversa que tivemos nesse período.

Ao meu orientador Prof. Thieres George Freire da Silva, pela oportunidade que proporcionou ao aceitar-me como orientando, por todos os conselhos e orientações, tanto pessoais quanto na vida acadêmica, agradeço e me orgulho de ter tido a chance de trabalhar ao lado de uma pessoa dedicada, forte e que não conhece a palavra limite no meio acadêmico, por que: “*não basta ser bom, tem que ser espetacular*”. Foi um prazer aprender com o grande profissional, um exemplo de vida a ser seguido.

Aos meus coorientadores, George do Nascimento Araújo Junior e Carlos André Alves de Souza pela amizade, por terem sido referências como profissionais e principalmente por serem grandes seres humanos. Agradeço à dedicação às nossas atividades acadêmicas, à disponibilidade em tirar minhas dúvidas sempre que precisei, à disposição de ensinar. Além das conversas, sempre animadas e esclarecedoras.

Aos amigos, Thalyta Soares dos Santos e Allan Rodrigues da Silva pela orientação, companheirismo, pela disposição em ensinar, pelas conversas e conselhos e principalmente pela confiança investida em um momento muito importante da minha vida acadêmica.

Á todos os meus colegas de turma, em especial à: Leonardo Francelino, José Orlando, Irlândio Santana e Gustavo Lira, levarei todos vocês comigo até o fim. Obrigado pela amizade, por todos os momentos que compartilhamos nos corredores da UAST e por todos os momentos felizes que presenciamos nas viagens de aulas práticas. Assim como os amigos que fiz na Universidade: Andressa Nicácio, Tayna Hellen, Thanires Ramalho, Erika Ferreira, Isabele Aquino, Anyelle de Almeida, Luiz Fernando, Gabriel Ítalo, Baltazar Cirino, Mávio José e Abigail Jaynnara, obrigado pelos momentos vividos, pela

aprendizagem compartilhada e por terem feito desses cinco anos, os melhores da minha vida.

Aos membros do Grupo de Agrometeorologia no Semiárido, em especial à Kaique Salvador, Marcelo José, Cleber Pereira, Renan Matheus e Gebson Pinheiro, por todas as oportunidades que me proporcionaram ao longo desse período. Me orgulho de ter conhecido pessoas maravilhosas como vocês. Agradeço ainda, por todo o aprendizado construído.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UAST), pela oportunidade e por toda a qualidade do ensino oferecido e infraestrutura cedida durante as pesquisas.

Aos professores que fizeram parte da minha formação, sendo todos professores de excelente qualidade, dedicados e comprometidos com o ensino. Levarei comigo um pouco de cada um na minha vida pessoal e profissional.

À Fundação de Amparo a Ciência e Tecnologia (FACEPE), pela bolsa de estudo de iniciação científica, e financiamento dos projetos de pesquisa.

Meus sinceros agradecimentos à todos!

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Mapa da Nova Delimitação do Semiárido Brasileiro. Fonte: SUDENE 2017.....	21
<b>Figura 2.</b> Representação simplificada do Metabolismo Ácido das Crassuláceas em plantas de palma forrageira. Adaptado de Borland et al. (2014). .....	26
<b>Figura 3.</b> Ilustração dos elementos do xilema: traqueídes e elementos de vaso (TAIZ et al., 2017). .....	32
<b>Figura 4.</b> Ilustração dos elementos do floema: elementos de tubo crivado (ETC) e células companheiras (CC) (SANTOS, 2020). .....	33
<b>Figura 5.</b> Ilustração das situações de corte para a primeira aplicação do manejo FONDREN na cultura da palma forrageira, cultivares OEM e Miúda. No município de Serra Talhada – PE, Brasil. Fonte: Autor.....	37
<b>Figura 6.</b> Ilustração com nova aplicação do manejo FONDREN e desbaste realizado apenas nas duas fileiras (destacadas em vermelho, CIC – com intensidade de corte) de cada parcela de palma forrageira. Fonte: Autor.....	37
<b>Figura 7.</b> Ilustração das situações de corte para a segunda aplicação do manejo FONDREN na cultura da palma forrageira, cultivares OEM e Miúda. No município de Serra Talhada – PE, Brasil. Fonte: Autor.....	38
<b>Figura 8.</b> Evapotranspiração de referência (ET <sub>o</sub> ), lâmina de água aplicada e precipitação pluvial em área cultivada com palma forrageira, durante o período de outubro de 2018 a novembro de 2020, Serra Talhada – PE.....	39
<b>Figura 9.</b> Fenofases de clones de palma forrageira submetidos ao manejo (FONDREN) e intensidade de corte cultivados em Serra Talhada – PE, durante o período de outubro de 2018 a novembro de 2020.....	43
<b>Figura 10.</b> Acúmulo de matéria seca de clones de palma forrageira cultivados sob diferentes intensidades de corte, em Serra Talhada – PE, durante o período de outubro de 2018 a novembro de 2020.....	47

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Propriedades físicas e químicas de Cambissolo Háplico da área experimental com palma cultivada em Serra Talhada, PE, Brasil.....	35
<b>Tabela 2.</b> Produtividade de clones de palma forrageira cultivados sob diferentes intensidades de corte, em Serra Talhada - PE, durante o período de outubro de 2018 a novembro de 2020.....	50

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	15
<b>2. OBJETIVO GERAL</b> .....	18
<b>3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b> .....	18
<b>4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	18
4.1 Mudanças climáticas na agricultura.....	18
4.2 Agronegócio e agricultura familiar: Práticas de resiliência no Semiárido Brasileiro (SAB) .....	20
4.3 Espécie adaptada: Palma forrageira .....	24
4.4 Técnicas de manejo para produção agrícola: Irrigação.....	28
4.5 Técnicas de manejo para produção agrícola: Relação fonte e dreno (FONDREN) .....	31
<b>5. MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	35
<b>5.1. Local de estudo e condições de cultivo</b> .....	35
<b>5.2. Delineamento, tratamentos e material vegetal</b> .....	36
<b>5.3. Tratos culturais</b> .....	38
<b>5.4. Variáveis biométricas</b> .....	40
<b>5.4. Obtenção da biomassa</b> .....	41
<b>5.5. Análise de regressão e estatística</b> .....	42
<b>6. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	43
<b>7. CONCLUSÕES</b> .....	53
<b>8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	53

## RESUMO

Práticas culturais como o manejo de corte podem auxiliar na dinâmica de crescimento de espécies forrageiras. O entendimento destas técnicas auxilia a na produção de alimentos de modo a reduzir os impactos decorrentes das mudanças do clima. Este estudo investigou o efeito do manejo de corte da palma para entendimento da relação fonte-dreno e sua influência na dinâmica de crescimento e acúmulo de biomassa pela cultura. O experimento foi conduzido no “Centro de Referência Internacional de Estudos Agrometeorológicos de Palma e outras Plantas Forrageiras”, situado na Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, município de Serra Talhada. Foram utilizados os clones Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw.) e a Miúda (*Nopalea cochenillifera* (L.) Salm-Dyck). O plantio foi realizado em outubro de 2018 com espaçamento 1,25 x 0,2 m, a irrigação foi realizada através do sistema de gotejo com emissores espaçados a 0,20m entre eles, vazão de 1,51 L h<sup>-1</sup> à uma pressão de 1 atm. a água utilizada possuía condutividade elétrica de 1,51 dS m<sup>-1</sup>. A lâmina de irrigação foi baseado no percentual (120%) da evapotranspiração da cultura (ETc), sendo a ETc, a relação entre a evapotranspiração de referência (ETo) e o coeficiente da cultura (Kc). O delineamento usado foi de blocos casualizados, em esquema fatorial 2x2: Orelha de Elefante Mexicana e Miúda, com e sem a adoção do manejo de corte (FONDREN), totalizando quatro tratamentos, com quatro repetições. Após seis meses, o arranjo mudou para 2x2x2, incluindo as intensidades de corte, aplicado nas duas fileiras da direita de cada parcela. O manejo de corte foi renovado nas parcelas com FONDREN, nas parcelas sem o manejo FONDREN, foi empregado um desbaste, mantendo cladódios de 1° ordem. De início, o manejo foi aplicado com base no número de cladódios de 2° ordem (Plantas com até 3 cladódio de 2° ordem, foi retirado 1 cladódio; plantas com 4 e 5 cladódios de 2° ordem, foram retirados 2 cladódios). Na segunda fase, o corte foi baseado no número de ramificações (Plantas com até 3 ramificações, foi retirado uma; plantas com 4 e 5 ramificações foram retiradas duas). Foram coletadas medidas biométricas, amostragens de biomassa para cálculo das taxas de crescimento e acúmulo de matéria seca. Os resultados indicaram que o manejo FONDREN proporcionou uma alta taxa de emissão de cladódio para os dois clones, o clone OEM possui características que resultam em altos valores de rendimento em relação aos outros clones de palma forrageira, o manejo de corte (FONDREN) cooperou na maximização dos rendimentos finais da OEM, resultando nos melhores valores (p<0,05) de acúmulo de matéria fresca e seca. O FONDREN com as intensidades de cortes, proporcionou um alto acúmulo de

matéria seca entre os momentos de cortes. O clone Orelha de Elefante Mexicana quando submetida ao manejo FONDREN, encurtou, em aproximadamente 2 meses, o período da segunda fenofase (F2), o que sugere uma antecipação do momento ideal de colheita, e propiciou os melhores rendimentos de matéria fresca e seca quando comparado ao clone Miúda.

**Palavras-chave:** Relação Fonte: Dreno, Intensidade de corte, *Opuntia* e *Nopalea*, Semiárido.

## ABSTRACT

Cultural practices such as cutting management can assist in the growth dynamics of forage species. The understanding of these techniques helps in the production of food in order to reduce the impacts resulting from climate changes. This study investigated the effect of palm management to understand the source-drain relationship and its influence on the growth dynamics and accumulation of biomass by the crop. The experiment was conducted at the “International Reference Center for Agrometeorological Studies of Palma and other Forage Plants”, located at the Federal Rural University of Pernambuco, Serra Talhada Academic Unit, municipality of Serra Talhada. The Mexican Elephant Ear (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw.) And the Girl (*Nopalea cochenillifera* (L.) Salm-Dyck) clones were used. Planting was carried out in October 2018 with 1.25 x 0.2 m spacing, irrigation was carried out through the drip system with emitters spaced 0.20 m apart, flow of 1.51 L h<sup>-1</sup> at a pressure of 1 atm. the water used had an electrical conductivity of 1.51 dS m<sup>-1</sup>. The irrigation depth was based on the percentage (120%) of the crop evapotranspiration (ET<sub>c</sub>), with ET<sub>c</sub> being the relationship between the reference evapotranspiration (ET<sub>o</sub>) and the crop coefficient (K<sub>c</sub>). The design used was randomized blocks, in a 2x2 factorial scheme: Mexican Elephant Ear and Baby, with and without the adoption of cut management (FONDREN), totaling four treatments, with four repetitions. After six months, the arrangement changed to 2x2x2, including the cutting intensities, applied to the two right rows of each plot. The cutting management was renewed in the plots with FONDREN, in the plots without the FONDREN management, a thinning was used, maintaining 1st order cladodes. Initially, management was applied based on the number of 2nd order cladodes (Plants with up to 3 2nd order cladodes, 1 cladode was removed; plants with 4 and 5 2nd order cladodes, 2 cladodes were removed). In the second phase, the cut was based on the number of branches (Plants with up to 3 branches, one was removed; plants with 4 and 5 branches were removed two). Biometric measurements, biomass sampling were collected to calculate growth rates and dry matter accumulation. The results indicated that the FONDREN management provided a high cladode emission rate for the two clones, the OEM clone has characteristics that result in high yield values in relation to the other forage palm clones, the cut management (FONDREN) cooperated in the maximization of the final yields of the OEM, resulting in the best values (p <0.05) of accumulation of fresh and dry matter. The FONDREN with the intensities of cuts, provided a high accumulation of dry matter between the moments of cuts. The clone Orelha de Elefante Mexicana when submitted to FONDREN management, shortened the

period of the second phenophase (F2) by approximately 2 months, which suggests an anticipation of the ideal harvest time, and provided the best yields of fresh and dry matter when compared to the Miúda clone.

**Keywords:** Source relationship: Drain, Cutting intensity, Opuntia and Nopalea, Semi-arid.

## 1. INTRODUÇÃO

Há décadas, as mudanças climáticas vêm influenciando no desenvolvimento econômico de vários países, seja por meio das produções agrícolas e pecuárias ou por outras atividades econômicas que sofram com a interferência do clima (MORAES, 2017). Essas alterações no clima, comprometem com mais severidade, o desenvolvimento socioeconômico das regiões menos favorecidas. Os prejuízos decorrentes das mudanças climáticas no setor agrícola e pecuária poderão ser observados em diversas regiões do globo. Em áreas áridas e semiáridas existe uma maior susceptibilidade a estes eventos, logo, efeitos mais pronunciados poderão ser observados (GOMEZ-ZAVAGLIA et al., 2020; NGIN et al., 2020).

A escassez hídrica é um dos principais problemas enfrentados nas regiões áridas e semiáridas, com isso, faz-se necessário o uso de tecnologias capazes de potencializar a produção agrícola. Assim, a opção por uso de irrigação controlada proporciona o máximo de eficiência do uso da água, numa região que convive com o déficit hídrico constante, e restrito a disponibilidade de água de qualidade, fazendo o produtor explorar águas provindas de poços, que na maioria das vezes são consideradas inadequadas para o uso em cultivos, devido ao alto teor de sais. Em decorrência do uso dessas águas, os solos da região vêm sofrendo com a salinização, o que potencializa os problemas causados por esse tipo de prática (BOUAZIZ et al., 2011; JARDIM, 2019).

A implementação de um sistema de irrigação deve ser baseada em vários parâmetros, que somados, possam promover um retorno agradável ao produtor. (GARCIA et al., 2008). Sabendo da utilização de águas salinas, é preciso promover práticas que causem a mitigação do acúmulo de sais no solo, que em altos níveis comprometem a produções futuras. Uma alternativa eficiente para evitar esse acúmulo é descrita como passagem de água através do perfil do solo ou lixiviação, essa prática reduz a salinidade na faixa do solo onde o sistema radicular da planta atua com alta eficiência, promovendo valores toleráveis ao desenvolvimento das culturas implantadas (GARCIA et al., 2008; SUTHAR et al., 2018).

O Nordeste é uma das regiões que mais necessita do uso da irrigação, mas uma boa produção não é atrelada apenas ao incremento de água, práticas como adubação mineral, surgem como medidas tecnológicas para potencializar a produtividade de uma área cultivada, o uso de adubação para correção de nutrientes dos solos reflete na sua capacidade produtiva, promovendo maiores resultados e maximizando a economia da

atividade agrícola. Os nutrientes incorporados no solo adotam uma função de extrema importância em solos afetados com sais advindo do uso de água salina por irrigação, essas condições interferem na relação solo-planta, inibindo que os nutrientes sejam absorvidos pelo sistema radicular (SILVA et al., 2005; AHMAD et al., 2020).

No Semiárido brasileiro, a economia é movida por vários fatores como, agricultura, pecuária, extrativismo, turismo, entre outras. Uma forte vertente que movimenta elevados valores econômicos para este ambiente é a pecuária, principalmente no que diz respeito a criação de bovinos para a obtenção de carne e leite, essa atividade vem em crescente evolução através da modernização das suas práticas e técnicas de desenvolvimento animal (MACEDO, 2005; XU et al., 2019; VELOSO et al., 2020). Para proporcionar melhores rendimentos, os produtores desses animais optam por uma alimentação balanceada, nas condições climáticas encontradas na região Semiárida que se faz através do uso de forragens, por isso é necessário o uso de uma planta que se adeque aos efeitos edafoclimáticos (GALVÃO JÚNIOR et al., 2014; VELOSO et al., 2020).

Nesse cenário, a tomada de decisão é um fator que precisa ser devidamente elaborado e planejado, de maneira que a busca por culturas que suportem tais reflexos climáticos sirva de alternativa para a prática de resiliência nessas regiões, de posse desse conhecimento, a palma forrageira (*Opuntia* e *Nopalea*) surge como uma cultura de características rústicas, de pouca exigência hídrica e que suporta longos períodos de estiagem, essa adaptação se dá por seu metabolismo CAM (Crassulacean Acid Metabolism), sendo uma forma de mitigação para alimentação animal, proporcionando um desenvolvimento socioeconômico da região sertaneja (SILVA et al., 2015; JARDIM et al., 2020).

Para a maximização da produção agrícola no semiárido, é preciso encontrar práticas que possam ajudar na obtenção de resultados positivos, conhecida como raleio ou desbaste, essa prática é comumente empregada em cultivos com frutíferas, o manejo da relação fonte-dreno, descrito como o balanceamento do número de áreas fotossintéticas (fonte) com os números de órgão receptores de fotoassimilados (drenos), surge como uma alternativa importante para otimização da produção e melhoria na qualidade dos mesmos (DUARTE et al., 2010; ZHANG; FLOTTMANN, 2018).

Essa técnica, surge como um novo modelo de governança as práticas culturais usadas na cultura da palma forrageira, pois Vieira et al. (2010), afirma que para uma melhor relação fonte-dreno, é preciso encontrar uma planta que possua um alto índice de área foliar e que suporte altas taxas de temperaturas, uma vez que, a maior interceptação

de luminosidade somado a mínima perda de substâncias por trocas gasosas seria o ideal na aplicação desse manejo.

Essas características fazem buscar opções de plantas que possuam um alto índice de área foliar, mais que suporte as características climáticas severas do Nordeste brasileiro. Tendo em vista, a palma forrageira possui um metabolismo muito característico, o metabolismo CAM (SILVA et al., 2015). Esse tipo de metabolismo caracteriza-se por apresentar maior eficiência que os C3 e C4, sendo a característica marcante de manter seus estômatos fechados durante o dia e abertos durante a noite, quando a temperatura está amena e a sua ação de trocas gasosas por transpiração reduz, fazendo com que essas plantas se diferenciem das outras presentes na região (PIKART et al., 2016).

Um estudo realizado com a *Hylocereus undatus* (Pitaia vermelha de poupa branca) da família das cactaceae, promoveu o desbaste dos cladódios com objetivo de avaliar, num período de dez meses, a eficiência do manejo em conjunto com a relação fonte-dreno. Ficou claro que a aplicação do manejo não influenciou nas brotações, florescimento, frutificação da pitaia (LOREDO et al., 2018). E a partir do segundo ano de cultivo, o manejo maximizou no número de brotações (LOPEZ, 2010).

A aplicação do corte, com base na relação fonte-dreno ou baseado em cortes aplicados em intervalos de tempo dentro do ciclo, indicou aumento na produção de forragem advinda da palma. Onde, cortes aplicados a cada 4 anos obteve resultados superiores em relação a cortes aplicado em intervalos de 2 anos principalmente quando os cladódios de ordem inferiores (1º ordem) são mantidos. Pois, a manutenção dos cladódios mais antigos proporciona para a planta, uma maior área fotossintética, potencializando a distribuição das substâncias produzidas através da fotossíntese (ALVES et al., 2007).

Ao aplicar o manejo de corte com base na relação fonte-dreno em intervalos mais adensados, é recomendado a manutenção de cladódios de 2º ordem, afim de atingir um maior rendimento de matéria fresca e seca (ALVES et al., 2007). Pois, a conservação dos cladódios mais desenvolvidos, detentores de maior área fotossintética, disponibiliza um maior poder de regeneração para a planta, sendo mais rápida a emissão de novos cladódios, ocasionando maior produção de material propagativo e matéria fresca (PEREIRA et al., 2020).

## **2. OBJETIVO GERAL**

Investigar o efeito do manejo de corte da palma com base na relação fonte-dreno como forma de entendimento da resposta do crescimento e acúmulo de biomassa pela cultura. Afim de buscar melhorias do manejo de corte da palma forrageira para maximização da produção da cultura em sistema de produção irrigado no Semiárido brasileiro.

## **3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Avaliar a taxa de morfogênese em relação ao corte aplicado na palma forrageira, buscando entender se existe diferença no desenvolvimento da espécie em diferentes manejos agrícolas, e o quanto influência na produtividade da palma forrageira sob as condições da região semiárida.

Descrever a fenologia da Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw.) e miúda (*Nopalea cochenillifera* (L.) Salm-Dyck), afim de identificar alterações no padrão de distribuição espacial da fenofase, buscando entender melhor a frequência dos fenômenos naturais, como emissão de cladódios da forrageira em relação a variação climática do semiárido.

## **4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **4.1 Mudanças climáticas na agricultura**

Mudanças climáticas poderão influenciar de um modo negativo a atividade agrícola no Brasil e aumentar as áreas de risco no Nordeste. O estudo das variáveis, temperatura e chuva, tem servido para detectar os efeitos do aquecimento global, o crescente aumento na temperatura, trará mudanças na evapotranspiração, que afetará diretamente a atividade agrícola, diminuindo a água presente no solo e disponível para as plantas, especialmente aquelas com raízes com pouco alcance de profundidades (LACERDA et al., 2015).

Isso tem influenciado em mudanças no zoneamento agrícola, alterando o calendário de plantio de certos locais com determinadas culturas, o Nordeste brasileiro, especificamente Pernambuco, tem uma tendência maior a sofrer o processo de desertificação. É provável que o semiárido brasileiro tenha um aumento na temperatura de 1 °C e uma redução de até 20% na precipitação até 2040, o Relatório do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMC), também afirma que até o fim desse século

em todo o território nacional brasileiro haverá um aumento em 3 °C na temperatura média e 30% na precipitação nas regiões Sul e Sudeste, e uma redução de 40% na precipitação das regiões Norte e Nordeste (LACERDA et al., 2015).

Nesse contexto, a agricultura vem sendo afetada diretamente pela mudança climática, a partir da aplicação do IPCC, Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas, no Modelo de Vegetação Potencial CPTEC-INPE, obteve-se resultados sobre o comportamento dos biomas brasileiros para os cenários 2091-2100, onde nota-se em graus distintos a desertificação no semiárido nordestino, de modo que essas previsões sejam impraticáveis, antecipou-se a perda relevante da biodiversidade devido esses biomas não terem boa adaptação a mudanças climáticas (PELLEGRINO et al., 2007)..

Alguns autores conduziram estudos simulados de impacto sobre a agricultura, usando modelos matemáticos adaptados a culturas importantes no cenário da agroindústria, obtendo resultados de enormes perdas econômicas provocado pelo aumento na temperatura média (PELLEGRINO et al., 2007).

Essas mudanças podem ser causadas por ação antropogênica ou por ação da natureza, estudadas por meio de modelos matemáticos, usando dados extraídos do oceano, atmosfera e biosfera, projetam um aumento entre 1,4 e 5,8 °C (no cenário mais pessimista) na temperatura média do planeta até o fim do século XXI, isso indica que no futuro os eventos de secas e inundações sejam mais frequentes. Dessa maneira, o aumento da temperatura influencia diretamente no desenvolvimento das plantas, causando a extinção de algumas espécies até o ano de 2050, o qual reflete sobretudo na atividade fotossintética das plantas, visto que pode interferir na sua produtividade, por exemplo, o cafeeiro precisa de temperatura entre 18 °C e 22 °C, passou disso a produtividade é comprometida (ASSAD et al., 2004).

Streck e Alberto (2006) afirmam que o efeito estufa do CO<sup>2</sup> atmosférico é uma das causas do aumento da temperatura, esse acúmulo de CO<sup>2</sup> na atmosfera é causado diretamente pela atividade humana. As plantas que possuem metabolismo C3 se beneficiam do aumento do CO<sup>2</sup> em relação às plantas que possuem metabolismo C4. Mas se houver um aumento do CO<sup>2</sup> em conjunto com o aumento da temperatura, pode prejudicar na questão do desenvolvimento do vegetal, pois afetaria o seu ciclo de crescimento.

A agricultura vem sofrendo grande impacto devido às mudanças climáticas, resultado disso, é a queda na produção de alimento. Segundo o IPCC, essas mudanças estão afetando a produção de culturas como a do milho e trigo por todo o mundo, ele

ainda faz previsões de como será a produção de alimentos na região Nordeste. Estudos apontam que em 2030, a região sofrerá uma queda de 10% na produção de milho e uma diminuição de 14% na produção de arroz e trigo (MORAES,2017).

Em um cenário em 2050, o relatório indica que pequenos agricultores, pescadores e pecuaristas das regiões tropicais sofrerão mais com as mudanças climáticas, indicando aumento nos valores dos produtos e na demanda por alimento devido ao crescimento populacional. É fato que, quem sofrerá mais com esse impacto na produção de alimento são os menos afortunados, a disponibilidade a comida será escassa, e até mesmo o acesso a alimentos diminuirá ao longo do tempo (MORAES,2017).

#### **4.2 Agronegócio e agricultura familiar: Práticas de resiliência no Semiárido Brasileiro (SAB)**

É de conhecimento geral, que a agricultura familiar sofre para acompanhar os novos conceitos tecnológicos que se é exigido nos dias atuais, mesmo quando essas ferramentas estão disponíveis, o uso inadequado faz com que a tecnologia se torne obsoleta. A literatura mostra que essa tecnologia pode ser visualizada como macro tecnologia, relacionada as análises de sistemas nacionais e internacionais, meso tecnologia, está voltada para o âmbito industrial e a microtecnologia que atua sobre o território de firmas e arranjos empresariais. Sabendo disso, é de suma importância saber quais as áreas que essa tecnologia pode ser incrementada no funcionamento de uma pequena produção familiar, podendo abranger a parte de processamento de produtos até a parte de gestão da atividade agrícola (BATALHA et al., 2005).

A caracterização climática do semiárido é extremamente importante no processo de desenvolvimento da agricultura familiar, as condições climáticas em que o agricultor nordestino está inserido é de uma severidade singular, somente encontrada no semiárido Brasileiro, a interferência do clima é tão impactante que muitos consideram uma agricultura de subsistência, apesar dos baixos índices pluviométricos e das altas taxas de temperatura encontradas no semiárido, o agricultor familiar que resistiu ao êxodo rural conseguiu se adaptar a essas condições, mas vem sofrendo para se adaptar ao processo de modernização que se é exigido nos dias de hoje (MORATO; TEXEIRA, 2010).



**Figura 1.** Mapa da nova delimitação do Semiárido Brasileiro. Fonte: SUDENE 2017

O agricultor que não dispõe de um aporte financeiro necessário para investimentos agrícolas, deve se apegar a práticas de resiliência capazes de atenuar os momentos de crises encontrados na região, e boa parte dessa população sofre com a vulnerabilidade encontrada nas suas terras, pois na maioria dos casos são regiões com alta taxa de degradação do solo, alta restrição hídrica e uma limitação aos benefícios socioeconômicos. Com isso, o termo resiliência surge como um sistema necessário para a sobrevivência dessas pessoas (ANDRADE et al., 2013).

A capacidade de um ser de adaptar as mais diversas situações é uma importante virtude que está enraizada na cultura nordestina, a importância de saber se adequar aos fatores que causa essa vulnerabilidade é o que proporciona a agricultura de subsistência contida no semiárido. A seca extrema, um fenômeno já esperado na região, educa o sertanejo a usar um sistema de cultivo arriscado, fazendo-o com que seja unicamente dependente dos recursos naturais. A má distribuição das chuvas causa um rendimento

muito abaixo do que se poderia obter se as condições fossem adequadas, as incertezas geradas faz com que seja necessário o fortalecimento da resiliência para a mitigação dos problemas casuais encontrado nesse cenário de vulnerabilidade (ANDRADE et al., 2013).

Diante disso, outro fator se faz importante para um melhor entendimento da relação homem e ambiente, tão importante quanto produzir alimentos de boa qualidade, é aplicar manejos que possibilitem um projeto saudável de sustentabilidade, essa relação faz com que o estudo a esse sistema seja ampliado, pois a interação entre o meio ambiente e a sociedade é um fator principal aos conceitos de subsistência empregados nessas conjunturas de estresse (ANDRADE et al., 2013).

Estudos indicam que populações com pouca capacidade em se adaptar as adversidades climáticas podem proporcionar a ausência de sustentabilidade de uma localidade. Isso se dá pela falta de mecanismo que os ajudem a lidar com esses eventos, comprometendo a economia da região e impedindo a sustentabilidade a longo prazo (ANDRADE et al., 2013).

A importância de empregar um conceito sustentável nas atividades agrícolas do semiárido Brasileiro, implica em conscientizar o agricultor que a terra é um recurso finito e pode causar prejuízos socioeconômicos a longo prazo e de difícil reversão. Proporcionar um desenvolvimento sustentável se torna difícil, pois é preciso impor o conceito de que o meio ambiente deve atender as necessidades do presente, sem prejudicar as necessidades de gerações futuras. O maior desafio é convencer a população que se pode aplicar métodos que gerem resultados sem agredir e exigir demais do bioma, buscando sempre uma melhor gestão dos recursos naturais, solo e água (VIERA, 2002).

Estudos voltados para a sustentabilidade hídrica da região Nordeste, buscam a conservação ininterrupta do balanço hídrico, de modo a proporcionar água com qualidade e em quantidade satisfatória para uma demanda que seja direcionada para usos múltiplos: doméstico e agrícola. Um fator limitante para o desenvolvimento de uma região é o uso irracional da água, e no semiárido isso se torna comum devido aos longos períodos de estiagem (VIERA, 2002).

Há tempos que o Nordeste vem presenciando uma obra de grande magnitude, a transposição do rio São Francisco tem modificado a paisagem da caatinga de forma contundente, essas mudanças provocam alterações no ecossistemas, mas se tornam necessário, uma vez que a disponibilização da água para locais com potencial de crescimento, trará benefícios econômicos para toda a região, fazendo com que as indústrias observem com mais afago possíveis investimentos (FEITOSA et al., 2019).

Apesar de obter um maior aporte financeiro, o setor agroindustrial também tem enxergado a necessidade de proporcionar programas sustentáveis, uma vez que um sistema ambiental equilibrado, proporciona uma sociedade agrícola estruturada e com ações planejadas (SALES et al.,2019). O governo e o setor privado vêm incentivando o crescimento agrícola através de programas de financiamento e pesquisa científica, esses investimentos proporcionaram incentivos as inovações tecnológicas em diversas áreas do setor agrário (PARAGINSKI et al., 2014).

A agroindústria vem dominando as ações de desenvolvimento da região e concentrando a renda na sua localidade, essas empresas agrícolas desenvolvem melhor os produtos e geram um maior valor agregado a produção, além de conseguir gerir de uma melhor forma toda atividade agrícola com mais eficiência, sendo mais preciso nas tomadas de decisões e maximizando os resultados, entregando ao mercado o melhor que se pode fazer e subindo o padrão de qualidade que o agricultor familiar dificilmente entregará sem o auxílio e suporte da tecnologia (MORATO; TEXEIRA, 2010).

Estudos anteriores relatam conceitos importantes para a evolução tecnológica na agricultura, conhecidas como mudança técnica induzida que representa uma tentativa de esclarecer o impacto que tem a disponibilidade relativa de recursos sobre a intensidade e a direção da mudança técnica; e inovação induzida que representa um avanço sobre ideias que idealizam a alterações técnica como um processo externo ao sistema econômico. Ambas as teorias indicam uma substituição recursos raros e de difícil acesso por outros mais abundantes e baratos (PARAGINSKI et al., 2014).

A empresa que busca se diferenciar no mercado necessita de estratégias competitivas que sejam sustentáveis e favoráveis economicamente, ser atrativo ao mercado agrícola é o primeiro fator de rentabilidade de uma empresa, o segunda fator implica na área que essa empresa atua, saber o posicionamento que ocupa, responde qual a rentabilidade da empresa em relação as outras do mesmo ramo, a busca por uma vantagem sustentável e competitiva pode fornecer um desempenho acima da média no longo prazo. (PARAGINSKI et al., 2014).

Um dos ramos da agroindústria que mais geram renda no país é o setor agropecuário, uma área abrangente que engloba a pecuária, extrativismo e a agricultura, fornecendo produtos como hortaliças, grãos, carnes e forragem. A agropecuária ocupa uma importância fundamental na economia, sendo responsável por fornecer matéria prima para agroindústria (TAKASAGO et al.,2017).

A pecuária no semiárido está voltado a produção de carne e leite, devido à alta demanda, é preciso aplicar uma atividade sustentável e equilibrada para poder proporcionar um aumento na produção e renda, refletindo em uma melhor condições de trabalho e de vida. A pecuária praticada no Nordeste é chamada de extensiva, quando os rebanhos são criados soltos em grandes áreas de pastos, mas como as condições no semiárido são de extremos, a falta de alimentos para os animais é um fator determinante para o desenvolvimento socioeconômico, com isso, é preciso buscar medidas que possam mitigar essa falta de material vegetal para o consumo animal, nessas condições é preciso buscar saídas, uma das mais usadas na região é o uso de forragem (AGUIAR et al.,2020).

As forrageiras são plantas adaptadas as condições climáticas do semiárido e ideais para sistemas de cultivos de sucesso, como: Integração de Lavoura-Pecuária e Integração de Lavoura-Pecuária-Floresta. A Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) indica esses sistemas de cultivos para a revitalização de áreas com susceptibilidade a degradação, uma vez que a procura internacional por produtos agropecuários tenha aumentado, associamos isso a um maior impacto ambiental por meio do uso inadequado dessas áreas, gerando preocupação a médio e longo prazo (ALMEIDA et al., 2019).

Fatores positivos fazem com que as forrageiras sejam escolhidas para o uso de sistemas de cultivos sustentáveis, quando submetidas ao sombreamento apresentam maior teor de proteína bruta, maior valor nutritivo e melhor digestibilidade da matéria seca, isso acontece por que as plantas priorizam o crescimento da parte aérea retardando o seu florescimento (ALMEIDA et al., 2019).

### **4.3 Espécie adaptada: Palma forrageira**

A escolha por uma espécie adaptada as condições climáticas de uma região, é um dos fatores importantes para o planejamento de um cultivo, sempre levando em consideração algumas características específicas, como a exigência hídrica, aceitabilidade, produção de biomassa, entre outras. Para isso, é preciso saber para que finalidade será encaminhada a cultura. Desta forma, encontrar culturas que possam se enquadrar a essas condições, se torna um desafio a ser enfrentado. Especificamente no Semiárido, uma cultura que possibilite uma potencialização da sua produção é a palma forrageira, sendo uma das culturas mais propagadas na região, muito por causa do seu metabolismo (Metabolismo Ácido das Crassuláceas) sua eficiência extraordinária no uso da água, fácil adaptação a condições adversas, possuindo uma grande importância no

desenvolvimento agropecuário, a transforma em uma saída viável para os tempos de seca comumente enfrentado nessas regiões (SILVA et al., 2015).

Nesse contexto, estudos apontam que a palma será importante na mitigação dos problemas relacionado à alimentação animal mantendo uma boa produtividade em cenários futuros que preveem um aquecimento global, essa cultura pode se desenvolver em terrenos degradados, que seriam inadequados para outras espécies, mas por outro lado, as mudanças climáticas podem trazer dificuldade na busca por áreas aptas ao cultivo da palma, pois ainda existem poucos estudos relacionados a essas áreas de cultivos no Nordeste Brasileiro (Moura et al., 2011).

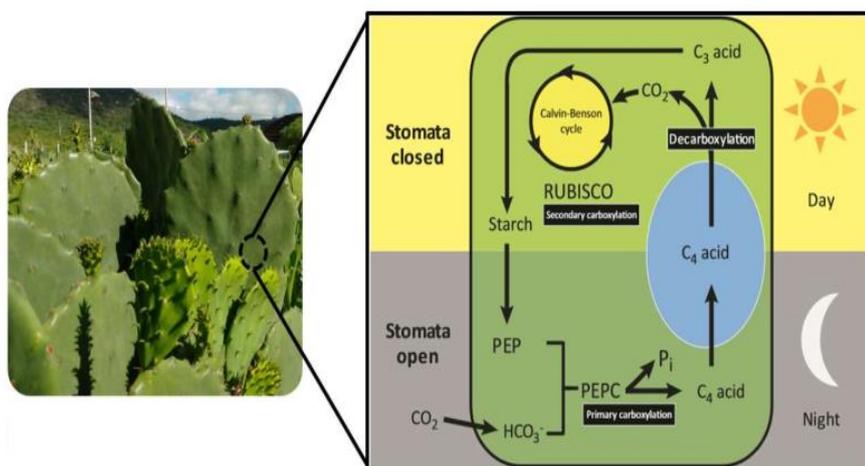
Nessas circunstâncias, a palma forrageira aparece como destaque na alimentação de ruminantes por apresenta uma alta produção de fitomassa. A literatura mostra em apenas 710 dias de cultivo essa forrageira produziu 35 ton. ha<sup>-1</sup> de matéria seca em condições de sequeiro no cariri paraibano. A palma possui características como fácil propagação através de reprodução assexuada, alto valor energético, 62% de nutrientes digestíveis totais, sendo uma planta rustica, a palma possui uma alta aceitabilidade por parte do animal além de ter aproximadamente 62% em carboidratos não-fibrosos (LEITE et al., 2014).

Essa alta produção de fitomassa é adquirida através da sua fácil adaptação as condições adversas e suas modificações morfológicas, mas pode ser afetada por falta de mão de obra capacitada, condições edafoclimáticas e todas as práticas culturais necessárias para uma obtenção de produção dentro das expectativas, como densidade do plantio idade da planta e tipo de genótipo (LEITE et al., 2014).

A palma forrageira apresenta um amadurecimento mais rápido em suas raquetes quando é submetida a uma elevada taxa de CO<sub>2</sub>, produzindo com mais rapidez os cladódios secundários e aumentando a produção de biomassa, isso ocorre devido a planta possui estruturas diferentes de outras plantas nos estômatos, epiderme e clorênquima. Esse metabolismo potencializa a eficiência no consumo de água em altas concentrações de CO<sub>2</sub>, aumentando a quantidade de tecidos específicos na fixação de CO<sub>2</sub>, armazenando os produtos finais produzidos na fotossíntese (Moura et al., 2011). As trocas de CO<sub>2</sub> na palma ocorre durante o período noturno devido a menor déficit de vapor de água, essa característica é importante na adaptação das plantas as regiões áridas e semiáridas (NUNES et al., 2020).

Classificada como uma planta xerófila, a palma forrageira se torna abio as condições do SAB devido ao seu metabolismo CAM , durante o dia com os estômatos fechado, a perda

de água da planta para atmosfera é mínima, o que favorece a sustentação do seu desenvolvimento em sistemas de baixo regime hídrico além da manutenção do turgor celular, a perda do turgor celular pode diminuir a taxa de expansão foliar além da taxa geral do crescimento da planta, no período noturno a planta assimila o  $\text{CO}_2$  com o auxílio da Fosfoenolpiruvato carboxilase (Figura 2). Além disso outras características fazem om que a Palma forrageira se torne uma planta rústica para se manter em condições normais no SAB, como uma cutícula que reveste todo o cladódio que reduz a perda por transpiração, raízes estruturais, em esporão, desenvolvidas de aréolas e absorventes, que possuem uma absorção rápida e impede a perda de água em situações de extrema seca além de vacúolos grandes e estômatos reduzidos (GASPARI PEZZOPANE et al., 2015; NOBEL, 2001; SILVA & SANTOS, 2006; NUNES, 2011; SOUZA FILHO et al., 2016; MELGAR et al., 2017; KIM et al., 2018).



**Figura 2.** Representação simplificada do Metabolismo Ácido das Crassuláceas em plantas de palma forrageira. Adaptado de Borland et al. (2014).

O condicionamento e a adaptação de uma espécie a uma região estão relacionados a sua resiliência, a palma por sua vez, contém uma característica chamada de plasticidade fenológica, que consiste na capacidade do organismo em alterar a sua fenologia, fator condicionante na adaptação da espécie as condições adversas. Com a ausência de recursos naturais ou artificiais de qualidade para o manejo do palmar, O agricultor é forçado a submeter a palma a estresses como salinidade, altas temperaturas e escassez hídrica, devido essa exposição, a planta apresenta uma modificação na dinâmica de crescimento, além de uma redução da área foliar, tudo isso influencia numa complexidade do resultado final (NUNES et al., 2020).

O semiárido por característica própria, não oferece água de qualidade em abundância, nesse caso é preciso irrigar os cultivos usando água com altos teores de sais, encontrada com facilidade oriunda de poços artesianos. Mas o fornecimento de água de qualidade pode gerar uma redução do consumo hídrico, não influenciando nas características bromatológicas da planta, favorecendo a atividade hídrica sustentável, produzindo maior de biomassa e reduzindo os custos com a alimentação animal (NUNES et al., 2019). Outra saída para mitigação dos problemas, seria o uso de técnicas como cobertura vegetal, essa técnica auxilia na regulação da temperatura do solo, regula o balanço de água no solo, pois dificulta a perda por evapotranspiração proporcionando uma maior volume de água disponível para a absorção das raízes, esse manejo ajuda a combater os problemas causados pela escassez hídrica e as altas taxas de temperatura (ALVES et al., 2020).

As condições climáticas encontradas no semiárido provocam um baixo rendimento na produção de forragem, a palma por si só, não consegue suprir a demanda exigida. Com isso, busca-se alternativas viáveis para os períodos de estiagem, então se faz o uso do consorcio com outras forrageiras adaptadas a essas adversidades. A cultura mais utilizada no consorcio com a palma é o sorgo, uma alternativa excelente, sendo uma cultura adaptada as condições adversas, que fornece alto teor de fibra, alta produção de biomassa e características bromatológicas aceitáveis, além de que o sistema palma-sorgo, proporciona um microclima agradável de temperatura amena, somado a cobertura vegetal, a disponibilidade hídrica é maior para ambas as culturas (ALVES et al., 2020).

Com tudo, o uso de consórcio e cobertura vegetal, são algumas entre tantas saídas usadas para minimizar a queda de produção, mas o recurso mais importante ainda é o uso de irrigação, desde que seja aplicada em cima do coeficiente da cultura e usando as taxas de evapotranspiração. No Semiárido a opção por uso de irrigação em palma forrageira ainda é um desafio a ser superado, pois a maioria dos agricultores ainda cultivam a palma em condições de sequeiro, para isso se faz uso de técnicas que favoreçam a eficiência do uso da água para evitar o desperdício e obter-se uma melhor produtividade final (ALVES et al., 2020). Estudos indicam que ao incrementar o uso de irrigação no cultivo da palma, aumenta rigorosamente a sua produção final, promovendo crescimento e potencializando um aumento no número de cladódio, índice da área foliar e espessura do cladódio.

#### **4.4 Técnicas de manejo para produção agrícola: Irrigação.**

No Nordeste a convivência com a seca é constante, com isso é preciso encontrar maneiras de mitigação para combater o déficit hídrico, a saída para essa situação é o uso de irrigação, porém a qualidade da água encontrada nas regiões semiáridas é geralmente salina devido ao teor de sais encontrados nas águas subterrâneas sendo ela disponibilizada através da perfuração de poços artesianos e cursos de água, o semiárido possui uma alta demanda atmosférica e o uso da irrigação para maximizar a produção de uma planta tão rústica como a palma é bastante comum, mas esse tipo de prática pode ocasionar malefícios ao solo, causando a degradação e conseqüentemente o início do processo de desertificação (JARDIM, 2019).

Regiões de clima árido e semiárido, sofrem anualmente problemas com a má distribuição das chuvas e com os baixos índices de precipitação, fazendo-se necessário o uso de irrigação artificial, mas com a queda eminente da disponibilidade de água de qualidade, os produtores aderem à utilização de água salina, uma prática que pode ser uma saída para o enfrentamento desse problema, e tem o seu uso frequente na maiorias das áreas cultivadas do nordeste brasileiro (Wang et al., 2016).

É importante frisar que o fator predominante para que o nordeste sofra com a escassez hídrica é a perda para atmosfera, e não pela ausência de chuvas, a precipitação anual é de aproximadamente 700 bilhões de m<sup>3</sup>, sendo que 97% desse valor (678,6 bi m<sup>3</sup>) é perdido por evaporação, evapotranspiração e escoamento, somente 3% desse valor é infiltrado no solo, por isso se faz tão importante o uso de irrigação (PORTO et al., 2019).

De fato, irrigar com água salina pode ser muito prejudicial para algumas culturas, o que é o caso das plantas classificadas como glicófitas, que são extremamente sensíveis a altos níveis de salinidade, entretanto as denominadas halófitas possuem maior tolerâncias a água salina, podendo suportar níveis acima de 500 mM de sódio. Essas diferenças entre os dois tipos de plantas se dão, por possuírem diferenças nos comportamentos bioquímicos, morfológicos e fisiológicos, sendo especificamente na troca de influxo e efluxo de Na<sup>+</sup> (Himabindu et al., 2016).

O uso de excessivo de irrigação com água salina irá iniciar inevitavelmente o processo de salinização do solo, existe dois processos de salinização descrito na literatura, sendo classificado como primário e secundário. Salinização primária, está ligada aos processos de formação do solo com influência direta do tipo de rocha primária, já a

salinização secundária está relacionada as atividades antrópicas: irrigação e uso de fertilizantes químicos (JARDIM, 2019).

A ausência de água de qualidade não é exclusividade do Brasil, em especial no Nordeste, o mundo contemporâneo vem enfrentando problemas para encontrar água de qualidade para os diversos usos, o que afeta diretamente no desenvolvimento da humanidade. Com o crescimento ascendente da população mundial, a demanda por alimentos acessíveis a população mais carente tende a crescer a cada dia, por isso a necessidade por sistemas de produção de alta eficiência se torna tão importante nos dias atuais (PORTO et al., 2019).

Há tempo, a prática de irrigação realizada na região nordeste é realizada da forma tradicional, sem nenhum auxílio tecnológico, a escolha por esse tipo de prática acaba ocasionando uma perda de aproximadamente 70% da água aplicada, essa baixa eficiência de aplicação ocorre devido a exposição de um grande volume de água na superfície do solo, com a rápida saturação do solo, a água escoar e evapora causando desperdício e gerando danos a natureza (Mostafa et al., 2018).

Os principais sais encontrados na água de irrigação, são cloretos, bicarbonatos e carbonatos combinado com cálcio, magnésio e sódio, quando aplicado altos volumes esses sais irão se acumular até que a capacidade produtividade do solo seja afetada, pois dificultam a absorção de nutrientes pelas raízes das plantas ocasionando problemas nutricionais para as culturas (Cordeiro et al., 1999). No mundo, a maioria dos solos encontrados nas áreas áridas e semiáridas estão em estado elevado de solidificação. Quando se trata de Brasil, a maioria dos solos estão concentrados no Nordeste, onde 25% das áreas irrigadas estão salinizadas (SANTOS et al., 2020).

O Conselho Nacional de Meio Ambiente — CONAMA, fixou pela Resolução nº 20, de 18 de junho de 1986, nove classes para as águas superficiais brasileiras: cinco para águas doces, duas para as águas salinas e duas para as águas salobras. Com salinidade  $\geq 0,5$  partes por mil (‰) e  $< 30$  partes por mil foram consideradas salobras, e águas salinas aquelas com salinidade  $\geq 30$  partes por mil (‰) (PORTO et al., 2019).

Como as opções são escassas, a agricultura a base de água salina, surge como uma opção que pode se tornar viável. Um exemplo considerável foi feito no estado de Israel, com a execução de um projeto de paisagismo usando água do mar morto, o resultado final mostrou que algumas culturas se desenvolveram com o abastecimento de água com teores elevados de sais, outros países de forte poder econômico se curvaram ao uso da

agricultura bioassalina, devido à crescente demanda por alimentos e a falta de recurso hídrico de qualidade (PORTO et al., 2019).

Dubai, um dos países mais ricos do mundo está a 20 anos no “International Center of Biosaline Agriculture” (PORTO et al., 2019). Um centro internacional de pesquisa agrícola sem fins lucrativos com o intuito de estudar e apresentar culturas e tecnologias eficientes em termos de recursos e clima mais adequadas às diferentes regiões afetadas pela salinidade, escassez de água e seca (ICBA, 2020).

É de conhecimento científico que a produtividade dos cultivos, em geral, depende de sua sensibilidade à salinidade e da qualidade da água. Para balancear esta inevitável redução, técnicas de manejo e práticas devem ser seguidas para extrair os excessos de sais da faixa do solo a ser absorvida pelo sistema radicular da cultura. No momento que o acúmulo de sais ultrapassa os limites aceitáveis na zona radicular, o rendimento da cultura pode ser parcialmente comprometido (PORTO et al., 2019).

Associando os fatores do clima característico com a água salina e com os solos salinizados, é preciso encontrar culturas que possam suportar tais adversidades. Santos et al. (2020) submeteu a palma forrageira a irrigação com água salina, e concluiu que os altos níveis de salinidade afetaram o crescimento da planta, mas se feito um manejo de irrigação de forma consciente é possível obter níveis satisfatórios de matéria seca usando água com teores médio condutividade elétrica.

Com tudo, existe métodos que possibilitam que culturas sejam irrigadas com água salina e ainda possam obter um nível de produção satisfatória, uma delas, irrigação de uso sequencial, é realizada da seguinte forma: a área a ser irrigada é dividida em campos de acordo com as culturas que serão implantadas, devendo ser organizadas na sequência dos cultivos menos tolerantes para os mais tolerantes à salinidade (PORTO et al., 2019).

A partir desse ponto a água salina bombeada do poço é usada para a irrigação do primeiro campo com a cultura com menor tolerância. Em seguida, a água que foi aplicada em grande quantidade será drenada, e novamente bombeada para irrigar o segundo campo, e assim sucessivamente (PORTO et al., 2019).

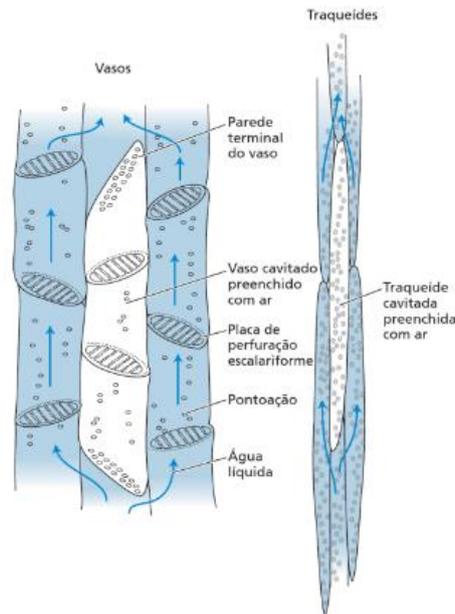
Um estudo detalhado realizado por Felix et al. (2018), testou a tolerância da palma sob diferentes níveis de salinidade (S1, S2, S3, S4), sendo que S1= 1,5; S2=3,0; S3=4,5 e S4= 6,00 dS m<sup>-1</sup> a 25 °C. o mesmo concluiu que a altura da planta foi afetada nos três maiores níveis de salinidade (3,0; 4,5 e 6,0 dS m<sup>-1</sup>), mas o crescimento só foi afetado após um longo período de aplicação concluindo que o acúmulo de sódio dificulta

o crescimento, a largura da planta também foi comprometida com o uso de água salina, sendo mais no nível S4, em relação ao número de cladódios, no início do cultivo os níveis medianos de sódio produziram um maior número médio, mas ao fim do experimento o tratamento com  $1,5 \text{ dS m}^{-1}$  que proporcionou o maior número de cladódio por planta. Com tudo a área foliar da planta também sofreu com a salinidade nos três maiores níveis de salinidade, uma vez que a planta não produza os fotoassimilados, irá sofrer para suprir as necessidades, e por consequência, não produzirá um alto valor de biomassa.

#### **4.5 Técnicas de manejo para produção agrícola: Relação fonte e dreno (FONDREN)**

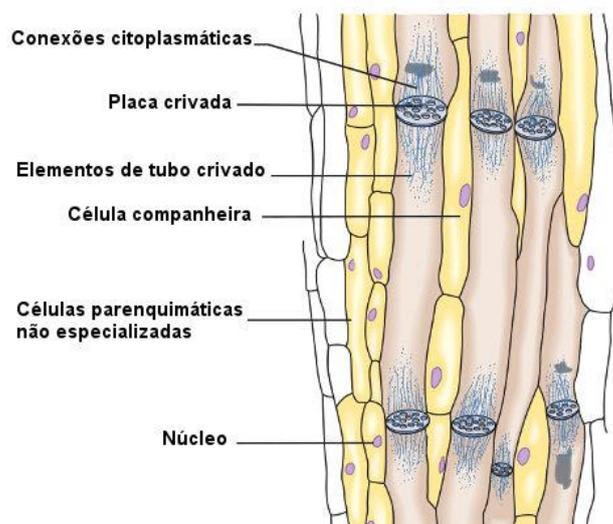
A translocação de substâncias importantes para o desenvolvimento da planta ocorre via xilema e floema, sendo o xilema o tecido responsável para transportar do sistema radicular, água e sais minerais para a parte aérea, seguindo o movimento ascendente via vasos capilares (VIEIRA et al.,2010; TAIZ et al.,2017).

A formação desse sistema ocorre a partir da diferenciação das células do xilema, após esse processo elas morrem formando uma parede celular muito resistente a altas pressões internas, essas células passam a ser denominadas de elementos do xilema, como as traqueídes que consistem em células mortas presentes em todas as plantas vasculares, possuem estrutura oca e alongada com parede secundária extremamente lignificada e com pontuações (regiões onde consistem em apenas parede celular primária), os elementos de vaso são células mortas que consistem no empilhamento de dois ou mais elementos conectados por placas de perfuração, esses vasos são conectados a outros vasos e as traqueídes (VIEIRA et al.,2010; TAIZ et al.,2017).



**Figura 3.** Ilustração dos elementos do xilema: traqueídes e elementos de vaso (TAIZ et al.,2017).

O floema é o responsável pela translocação da seiva elaborada obtida através da fotossíntese das folhas mais desenvolvidas para as áreas de reserva e em desenvolvimento da planta, encontrado na parte exterior do tecido vascular, o floema é constituído por elementos crivados (figura 4), que são células que transportam os açúcares e materiais orgânicos desde as folhas até o sistema radicular. Estudos concluíram que o transporte que ocorre no floema é produto de um gradiente de pressão hidrostático que parte das regiões produtoras de assimilados para as consumidoras. Nas regiões produtoras (exportadoras) ocorrem a produção de açúcares que diminui o potencial osmótico, aumenta o fluxo de água e estabelece um gradiente de potencial hídrico fazendo um incremento no potencial de pressão, já nas regiões importadoras (drenos/consumidoras) o potencial de pressão reduz por causa do consumo de açúcares que aumenta o potencial osmótico e o efluxo de água (VIEIRA et al.,2010; TAIZ et al.,2017; MATOS et al.,2020).



**Figura 4.** Ilustração dos elementos do floema: elementos de tubo crivado (ETC) e células companheiras (CC) (SANTOS, 2020).

Tubo crivado é constituído por inúmeros elementos crivados formados a partir da diferenciação de células cambiais, todo esse movimento de translocação de nutrientes cria uma definição conhecida como fonte e dreno, a fonte seria o local onde o produto fotossintato é produzido, ou seja, folhas totalmente desenvolvidas, e transportado para o dreno, sendo o dreno, os órgãos da planta de reserva ou as áreas de metabolismo intenso, os órgãos de reserva de uma planta também podem funcionar como fonte, em determinado momento, o material resguardado no sistema radicular pode ser transferido para a formação de uma nova copa (VIEIRA et al.,2010; TAIZ et al.,2017).

Quando se trata de floema essa rota de assimilado ocorre na fonte no momento que inicia um potencial osmótico de -3 MPa dentro do complexo ETC/CC (figura 4), a sacarose concentrada na fonte é o dobro do que é encontrada no mesófilo. Esse processo conhecido como “carregamento” reduz o potencial hídrico e osmótico causando uma absorção de água.  $H^+$  - ATPases presentes nas membranas do complexo ETC/CC bombeiam os prótons que são utilizados no transporte da sacarose até o apoplasto das células do complexo ETC/CC, a partir desse momento a sacarose pode ser carregada (MATOS et al.,2020).

No dreno o processo é inversamente proporcional, o processo de descarregamento do produto gerado na fonte (assimilados) ocorre pelo aumento do potencial osmótico, esse processo é feito de maneira passiva, sem uso de energia, e ocorre devido o gradiente de concentração de sacarose entre a fonte e o dreno, para isso é preciso que a atividade metabólica no dreno seja alta (MATOS et al.,2020).

As características morfológicas da fonte influenciarão na sua atuação perante o dreno, pois estando ela posicionada mais próximo ao órgão de reserva, proporcionará uma maior atuação sobre ele. Exemplificando, o tamanho da fonte exerce uma grande importância na velocidade em que ocorre a transferência de substâncias para o dreno. De acordo com o clima da região semiárida o tamanho área foliar (fonte) pode ser uma característica impactante no processo de translocação de substâncias, pois uma planta que apresenta um elevado índice de área foliar resulta em uma maior área interceptação de energia luminosa, o que seria uma característica desejável, mas em contrapartida as altas taxas de temperatura proporcionariam uma maior perda de substâncias nas trocas gasosas, por apresentar uma área de transpiração maior (VIEIRA et al.,2010; TAIZ et al.,2017).

Uma prática muito usada no cultivo de frutíferas, o desbaste ou raleio é usado para aumentar a produtividade, pois a eliminação de órgãos da planta fazem com que ocorra um decréscimo na competição na relação fonte-dreno, fazendo com que os órgãos restantes na planta recebam uma maior concentração de metabólicos (CRUZ et al., 2009).

A prática da poda também pode ser considerada uma indução ao favorecimento de metabólicos para uma determinada região da planta, tendo em vista que as frutas de uma planta pode ser considerada como drenos e as folhas como fontes, o balanceamento numérico nessa relação, podendo proporcionar um aumento na produção (MARCON FILHO et al., 2015).

Como é de interesse agrônomo maximizar as produções agrícolas, essa técnica pode ser implementada em a várias culturas de importância agrícola, afim de potencializar a produção final. Como a competição entre os drenos é muito elevada, o objetivo geral é a retirada desses drenos, evitando a formação de frutos de menor valor comercial (GUEDES et al., 2008).

Várias culturas de importância agrônoma na região Nordeste utilizam-se do manejo de poda para maximizar a produção. Na cultura da videira, o manejo FONDREN é popularmente conhecido como “raleio”, o intuito é a retirada de bagas menos desenvolvidas para evitar a competição, induzindo os fotoassimilados para os drenos de interesse, e potencializando a bagas com maior valor comercial, a retirada das flores também redirecionam os assimilados para os frutos que restam. Outra técnica incorporada na cultura da videira é o “anelamento”, onde é feito o anelamento dos ramos que possuem racemos afim de reter assimilados, para posteriormente aumentar a qualidade das uvas daquele cacho (Guedes et al., 2008).

A importância de dominar o conhecimento sobre a fenologia reprodutiva é essencial para entender a relação fonte-dreno, uma vez que as informações de brotação, florescimento, frutificação e colheita se torna de extrema importância para uma melhor obtenção do resultado final. Como a palma tem ligação direta com o FONDREN, estudos indicam que esse manejo estimulam a indução floral maximizando o crescimento vegetativo (LOREDO et al., 2018).

## 5. MATERIAIS E MÉTODOS

### 5.1. Local de estudo e condições de cultivo

O experimento foi conduzido no “Centro de Referência Internacional de Estudos Agrometeorológicos de Palma e Outras Forrageiras”, situado na Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, município de Serra Talhada, (7°59’ S; 38°15’ O e 431 m). A cidade fica localizada na microrregião do Sertão Pernambucano, e apresenta, de acordo com a classificação de Köopen, , clima tipo BShw’ com precipitação pluvial média de 667,2 mm, concentrada nos meses mais quentes do ano, umidade relativa do ar de 62,3%, demanda atmosférica de 1800 mm ano<sup>-1</sup> e temperatura média do ar de aproximadamente 25,9 °C (ÁLVARES et al., 2014; NUNES et al., 2020; ARAÚJO JÚNIOR et al., 2021). O solo é classificado como um Cambissolo Háplico Ta Eutrófico típico (Tabela 1).

**Tabela 1.** Propriedades físicas e químicas de Cambissolo Háplico da área experimental com palma cultivada em Serra Talhada, PE, Brasil.

Propriedades físicas										
Prof.	pd	Ø	Areia	Silte	Argila					
cm	kg dm <sup>-3</sup>	%		g kg <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>					
0-20	1,45	42,27	828,6	148,3	23,2					
20-40	1,34	46,76	795,4	160,1	44,6					
Propriedades químicas										
Prof.	C.E.	pH	C	P	K	Na	Ca	Mg	CTC	V
cm	mS cm <sup>-1</sup>		g kg <sup>-1</sup>	mg dm <sup>-3</sup>			cmolc dm <sup>-3</sup>			%
0-20	0,33	6,0	4,6	168,9	13,8	1,09	3,5	1,90	20,9	97,2
20-40	0,24	6,3	3,0	154,1	11,8	1,47	2,9	1,75	18,3	98,7

Prof.: profundidade. pd: densidade do solo. Ø: porosidade total. C.E.: condutividade elétrica do extrato de saturação. CTC: capacidade de troca de cátions. V: saturação de bases.

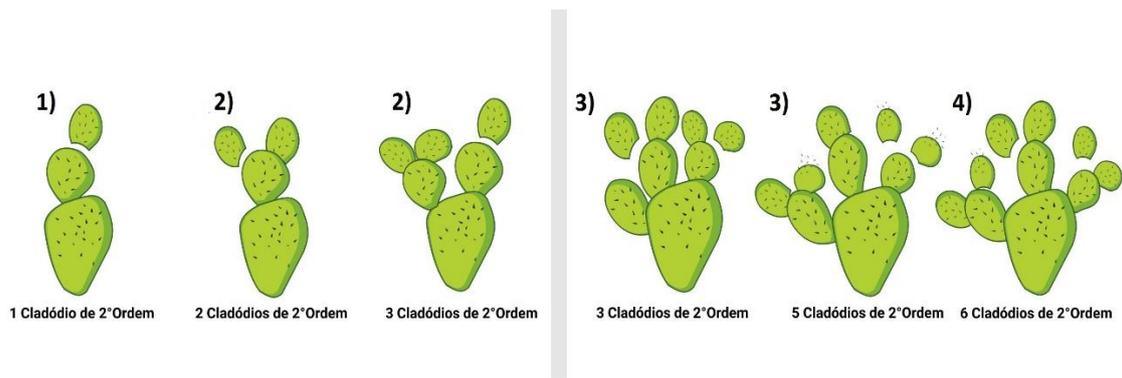
O experimento foi implementado em 13 de outubro de 2018, anteriormente ao plantio, foram realizadas técnicas de preparo do solo que envolveram aração e gradagem, posteriormente o solo foi sulcado e os cladódios foram dispostos e enterrados com 50% do seu comprimento no solo. Após a implementação ocorreu um período de estabilização da cultura até a aplicação do tratamento.

## **5.2. Delineamento, tratamentos e material vegetal**

Os clones de palma forrageira utilizados foram: Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw.) e Miúda (*Nopalea cochenillifera* (L.) Salm-Dyck) devido à sua importância na agropecuária e adaptação à região Semiárida, além de apresentar resistência à Cochonilha-do-carmim (*Dactylopius opuntiae* Cockerell, 1929, Hemiptera: Dactylopidae), considerada principal praga da cultura (SILVA et al., 2020)

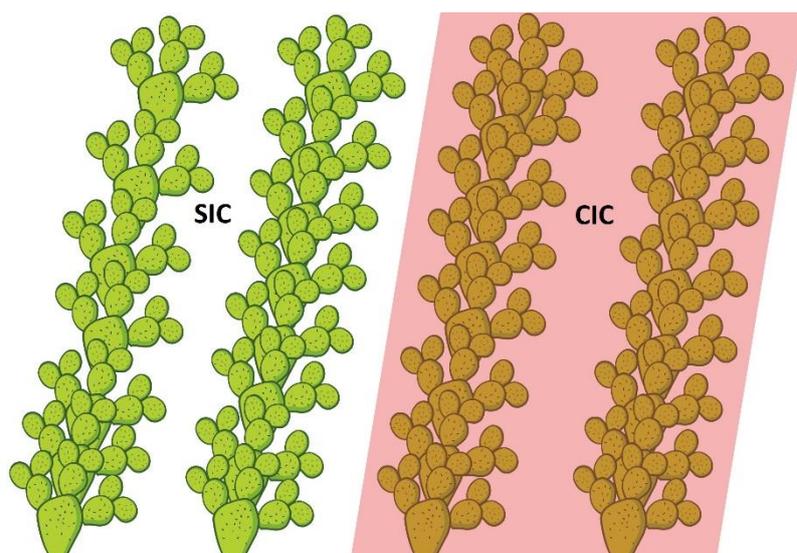
O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, em esquema fatorial 2x2, sendo dois clones de palma e dois manejos de corte, com e sem FONDREN, com quatro repetições. O espaçamento entre plantas foi de 1,25 x 0,20 m, a área experimental possuiu 240 m<sup>2</sup> resultando numa densidade populacional de 40.000 plantas ha<sup>-1</sup>. Cada parcela possuiu 15 m<sup>2</sup> e foi composta por quatro fileiras com 15 plantas cada, totalizando 60 plantas por parcela. As duas fileiras centrais, exceto as duas plantas das extremidades de cada parcela, foram consideradas como parcelas úteis.

Na primeira fase de aplicação do tratamento, realizado em junho de 2019, o 1° FONDREN foi aplicado baseado na seguinte metodologia: cladódios de 1° ordem foram mantidos, e os de 3° ordem totalmente eliminados. A variação foi aplicada aos cladódios de 2° ordem, onde: 1) a planta que apresentou um cladódio de 1° e um 2° ordem, teve o desbaste aplicado apenas no cladódio de 2° ordem; 2) plantas com dois e três cladódios de 2° ordem, independente da quantidade de cladódios de 1°, o corte foi aplicado em apenas um cladódio; 3) plantas com quatro e cinco cladódios (2° ordem), o corte foi feito em dois cladódios; 4) em plantas com seis cladódios (2° ordem) houve retirada de três cladódios (Figura 5).



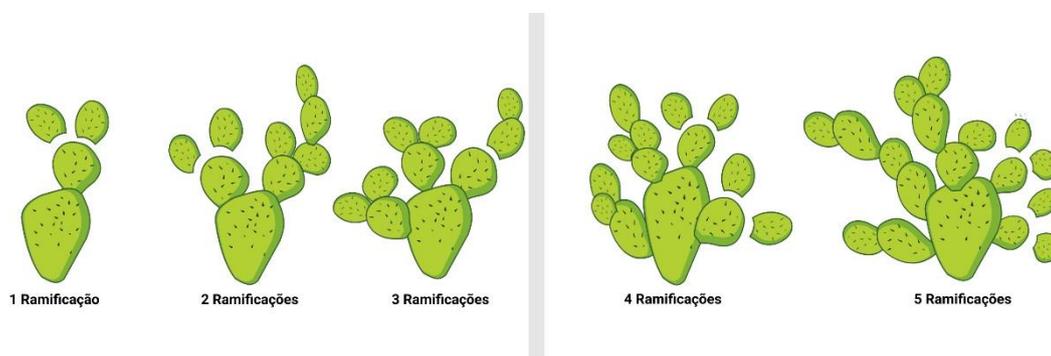
**Figura 5.** Ilustração das situações de corte para a primeira aplicação do manejo FONDREN na cultura da palma forrageira, cultivares OEM e Miúda. No município de Serra Talhada – PE, Brasil. Fonte: Autor.

Na segunda fase, foi feita a 2ª aplicação do FONDREN, realizado em 13 de dezembro de 2019 (6 meses após o início do tratamento). Um novo esquema fatorial foi aderido a partir de uma nova aplicação de corte da palma, o esquema passou a ser 2x2x2: Clones (Orelha e Miúda) x FONDREN's (com e sem) e intensidades de cortes (corte no início do tratamento -SIC e outro após seis meses - CIC). Um novo método de desbaste foi adotado, e, compreendeu apenas metade da parcela (Figura 6), sendo realizado em uma das fileiras da parcela útil e da bordadura. Nos tratamentos onde não havia o manejo FONDREN foi aplicado um corte de uniformização mantando apenas os cladódios de primeira ordem., compreendendo apenas metade da parcela (duas fileiras da direita, sendo uma da parcela útil e uma da bordadura) (Figura 6).



**Figura 6.** Ilustração com nova aplicação do manejo FONDREN e desbaste realizado apenas nas duas fileiras (destacadas em vermelho, CIC – com intensidade de corte) de cada parcela de palma forrageira. Fonte: Autor.

Nas parcelas com manejo FONDREN, a aplicação do corte baseada na relação fonte; dreno foi realizada nas ramificações da planta (Figura 7), deixando sempre o cladódio de 1º ordem, respeitando o seguinte critério: a realização do corte foi feito de modo à deixar metade das ramificações e em caso de plantas que apresentassem uma quantidade ímpar de ramificações seria deixado a metade das ramificações +1. Exemplo: Planta que apresentaram 5 ramificações, foram retiradas apenas duas, sempre deixando as ramificações mais vigorosas e com maior número de cladódios. Nos casos em que, as plantas apresentaram somente uma ramificação foi efetuado o corte integral, com duas ramificações o corte foi feito em apenas uma das ramificações e assim sucessivamente. Nas parcelas sem o tratamento FONDREN foi aplicado um corte de uniformização nas duas fileiras da direita, deixando apenas os cladódios de primeira ordem.



**Figura 7.** Ilustração das situações de corte para a segunda aplicação do manejo FONDREN na cultura da palma forrageira, cultivares OEM e Miúda. No município de Serra Talhada – PE, Brasil. Fonte: Autor.

Na terceira fase, foi realizada mais uma aplicação de corte da palma seguindo a metodologia aplicada na segunda fase (Figura 7), sendo o terceiro corte (após 12 meses) aplicado nas plantas posicionadas nas duas fileiras direita de cada parcela (Figura 6). Assim como na etapa anterior, os tratamentos que não possuíam o FONDREN receberam mais um corte de uniformização.

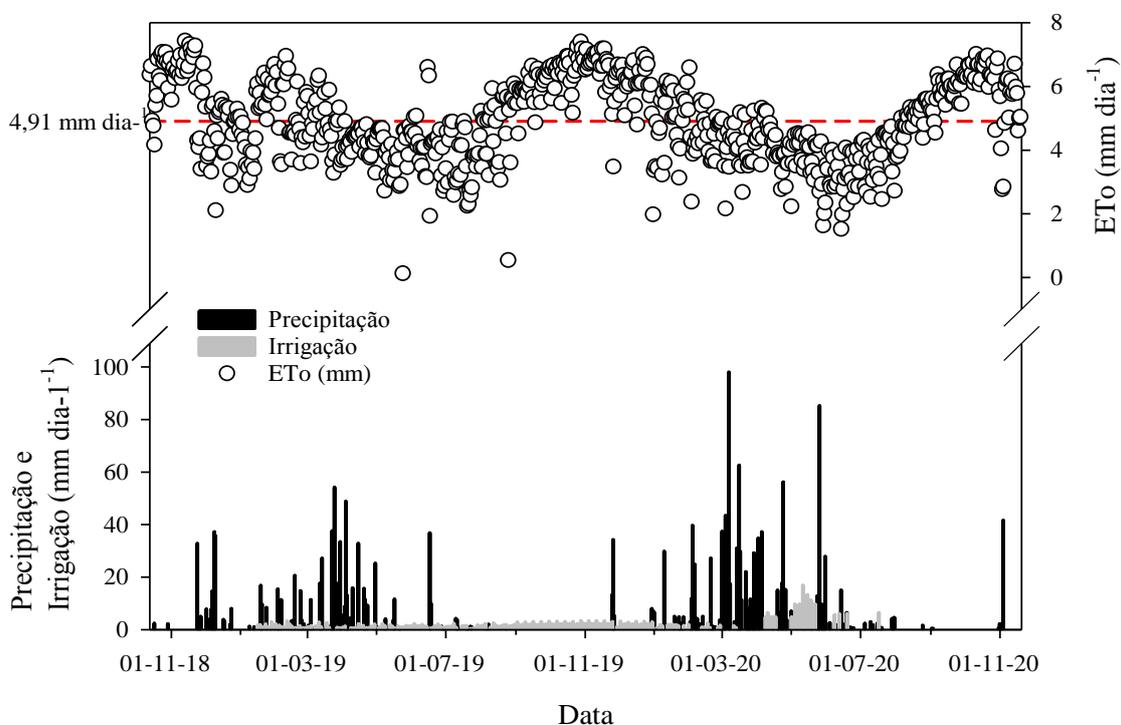
Adotou-se como critério de escolha dos cladódios a serem retirados da planta, aqueles que apresentaram má formação, cladódios doentes ou que apresentem algum sintoma de ataque de patógenos, e ramificações que por ventura interfiram no manejo dos tratos culturais.

### 5.3. Tratos culturais

A irrigação foi realizada por meio de um sistema de gotejamento com eficiência de aplicação da água de 96,5% e emissores espaçados a 0,2 m entre si, apresentando uma

vazão de  $1,51 \text{ L h}^{-1}$  a uma pressão de 1 atm. A aplicação da lâmina foi realizada em dias alternados (segundas, quartas e sextas-feiras), com base no percentual (120%) da evapotranspiração da cultura ( $ET_c$ ), sendo a  $ET_c$ , o produto da relação entre a evapotranspiração de referência ( $ET_o$ ) e o coeficiente da cultura ( $K_c$ ). A evapotranspiração de referência ( $ET_o$ ) foi calculada a partir do método de Penman-Monteith padronizado pelo boletim da FAO-56 (Allen et al., 1998). Para coeficiente da cultura ( $K_c$ ), foi considerado o valor de 0,52 (QUEIROZ et al. 2016). A água utilizada na irrigação é oriunda do poço artesiano localizado dentro da Unidade Acadêmica, com condutividade elétrica de  $1,51 \text{ dS m}^{-1}$  e concentração média de sódio de  $168,66 \text{ mg L}^{-1}$  e potássio de  $28,17 \text{ mg L}^{-1}$  (ARAÚJO JÚNIOR et al., 2021).

Ao final do experimento, os clones de palma forrageira receberam um total de 422,58 mm por meio da água de irrigação, no período estudado, entre outubro de 2018 a novembro de 2020, a precipitação pluvial atingiu um volume de 1830,8 mm, totalizando uma introdução de 2253,4 mm no sistema resultante de  $P + I$ . A média diária da evapotranspiração de referência, ao longo de todo o período do estudo, foi de  $4,91 \text{ mm dia}^{-1}$ .



**Figura 8.** Evapotranspiração de referência ( $ET_o$ ), lâmina de água aplicada e precipitação pluvial em área cultivada com palma forrageira, durante o período de outubro de 2018 a novembro de 2020, em Serra Talhada – PE. Fonte: INMET.

Foram realizados tratos culturais para o controle de doenças e plantas invasoras com o intuito de evitar qualquer tipo de interferência por mortalidade e competição. Adubação foi realizada em 11 de setembro de 2019, com a aplicação de N-P-K (300 kg ha<sup>-1</sup> de Nitrogênio, 60 kg ha<sup>-1</sup> de Fósforo e 97,5 kg ha<sup>-1</sup>) de acordo com a recomendação do Instituto Agrônomo de Pernambuco – IPA.

As variáveis meteorológicas foram monitoradas diariamente por meio da estação meteorológica automática, localizada à 10 metros da área experimental e pertence ao Instituto Nacional de Meteorologia – INMET (<https://portal.inmet.gov.br>). Para o cálculo das taxas de crescimento, taxas morfogênicas e fenologia em função dos graus dias acumulados. Com os dados da colheita foram obtidas a produtividade.

#### 5.4. Variáveis biométricas

De julho de 2019 a novembro de 2020 foram realizadas medidas biométricas, sendo mensurada uma planta por parcela, contabilizando um total de 16 plantas antes da aplicação da intensidade de corte e 32 plantas após a aplicação da intensidade de corte. nas campanhas biométricas foram obtidas variáveis como: Altura da Planta (AP (cm) – superfície do solo até o cladódio no ápice da planta), largura da planta ( LP (cm) média de duas medidas cruzadas das extremidades laterais) , número total de cladódio por planta (NTC), número de cladódios por ordem (i.e. NC1 – advindos do cladódio basal (mãe); NC2 – advindos do cladódio NC1 e assim sucessivamente).

Os cladódios foram mensurados individualmente com auxílio da fita métrica, para a obtenção da área do cladódio (AC) através dos modelos matemáticos ajustados por Silva et al. (2014). Para calcular a AC (Eq. 1 e 2) é preciso os valores de comprimento do cladódio (CC (cm) - da base do cladódio até seu ápice), largura do cladódio ( LC (cm) - de uma extremidade a outra, na região mediana do cladódio), perímetro do cladódio ( PC (cm) - circunferência do cladódio) e espessura do cladódio (EC (mm) - espessura da região mediana do cladódio) auxiliado por um paquímetro. O índice de área foliar (IAC) foi calculado por meio da razão entre a área total dos cladódios e o espaçamento utilizado na área (PINHEIRO et al., 2014; ARAÚJO JÚNIOR et al., 2021).

$$AC_{MIU} = 0,7198 * CC * LC \quad (1)$$

$$AC_{OEM} = 0,7086 * (1 - \exp(-0,000045765 * CC * LC)) / 0,000045765 \quad (2)$$

em que, CC: Comprimento do cladódio (cm); LC: Largura do cladódio (cm).

$$IAC = \left[ \sum_n^{i=1} (AC) / \frac{10000}{(E1 \times E2)} \right]$$

em que: IAC é o índice de área do cladódio observado, em m<sup>2</sup> m<sup>-2</sup>; 10.000 é o fator de conversão de cm<sup>2</sup> para m<sup>2</sup>; e E1×E2 é o espaçamento entre fileiras e plantas de cada clone.

#### 5.4. Obtenção da biomassa

No mesmo período, foram realizadas amostragens de biomassa para a obtenção do peso fresco e seco. Para cada ocasião, foram amostradas 16 plantas no primeiro arranjo experimental e após a inserção das intensidades de cortes o número total de plantas amostradas passou a ser 32. Após a mensuração da AP e LP, a obtenção do peso fresco, coletado no momento do corte com auxílio da balança eletrônica, se deu a partir do peso da planta inteira e dois cladódios selecionados a partir do terço médio da planta por critério de representatividade em relação aos demais cladódios. Em seguida, o material foi fracionado e acondicionado em sacos de papel. Então, o material foi alocado em estufa de circulação de ar forçada a 65°C, até atingir o peso constante de matéria seca (kg) (ARAÚJO JÚNIOR, 2019).

A determinação da produtividade foi realizada na ocasião da colheita, onde dividiu-se entre as plantas da esquerda (sem intensidade de corte) e direita (com intensidade de corte) de cada parcela (Figura 6). As plantas que receberam apenas o corte no início do tratamento (duas fileiras da esquerda de cada parcela) tiveram a colheita realizada ao fim do experimento no dia 19 de novembro de 2020. Nas plantas que receberam as três intensidade de corte (duas fileiras da direita de cada parcela) foram colhidas gradativamente ao longo do período experimental sendo a primeira realizada após seis meses do início do experimento (13/12/2019), a segunda realizada após doze meses do início do tratamento (18/06/2020) e a última colheita realizada ao fim do experimento (19/11/2020).

No momento da colheita, foram deixados apenas os cladódios de 1º ordem das plantas presentes na parcela útil, seguindo os demais para pesagem, obtendo-se o peso total fresco da planta (kg). Foram escolhidos dois cladódios representativos da planta para a obtenção do peso fresco (Kg), em seguida, foram fatiados, colocado em sacos de papel devidamente identificados e acomodados na estufa de circulação forçada de ar, com

temperatura de 65°C até atingir peso seco constante (Kg). Os teores de matéria seca dos cladódios foram obtidos através da relação entre os valores de peso seco e peso fresco. O rendimento em massa fresca (MF Mg ha<sup>-1</sup>) foi estimada a partir do peso total fresco da planta e a densidade final de plantas da parcela útil. Para a estimativa da massa seca (MS Mg ha<sup>-1</sup>), foi levado em consideração os valores de teor de matéria seca dos cladódios e os valores estimados de MF das plantas.

### **5.5. Análise de regressão e estatística**

A partir de análises de regressão, foi determinada a fenologia vegetativa da palma forrageira, usando três parâmetros com modelos sigmóides avaliando a associação do número de graus dias acumulados (GDA, °C dias), contabilizados a partir do dia do plantio, e o número de cladódios por ordem de surgimento, conforme proposto por Araújo Júnior (2019). A metodologia para cálculo dos graus-dia acumulados seguiu o preconizado por Vila Nova et al. (1999), sendo resultado da diferença acumulada entre os valores de temperatura média do ar e a temperatura base da cultura, sendo adotado neste caso o valor de 22°C conforme Araújo Júnior et al, (2017). Para o cálculo da taxa de produção de cladódio, foram usadas equações com coeficientes de determinação superiores a 0,85 e parâmetros significativos ( $p < 0,05$ ) usando o teste t. (ARAÚJO JÚNIOR, 2019). A partir daí, foi considerada uma nova fase vegetativa quando a taxa de emissão de cladódio for superada por uma nova taxa de emissão de cladódio da ordem sucessora (AMORIM et al., 2017).

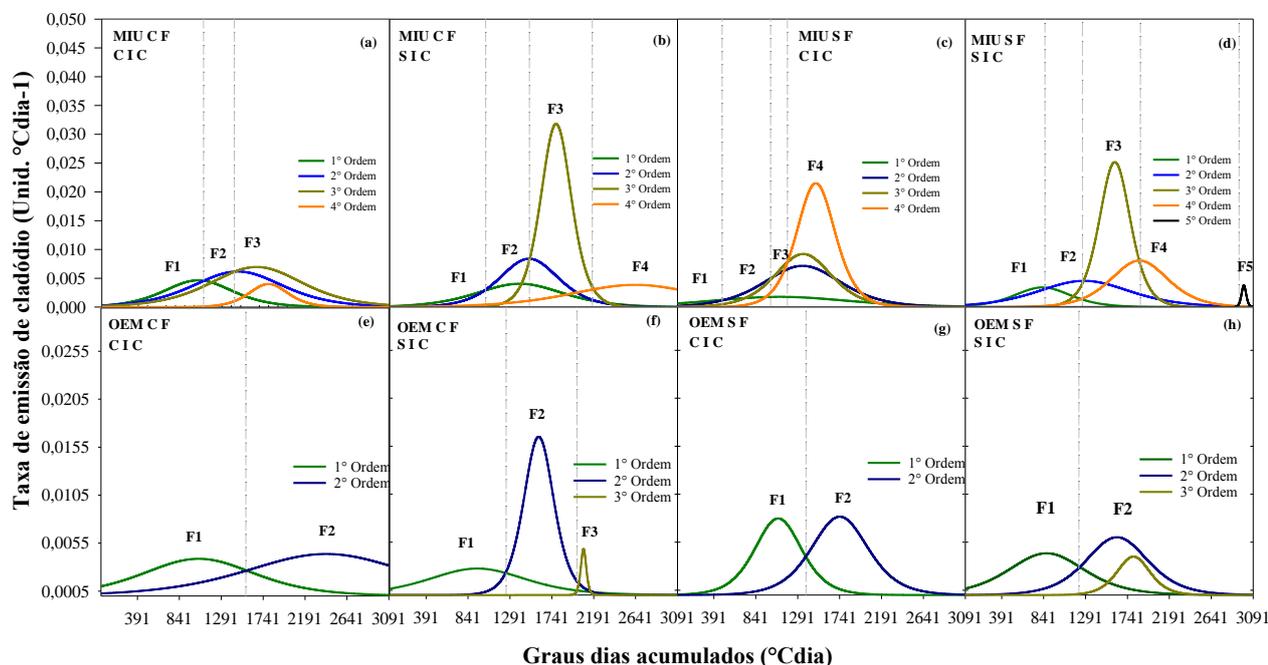
A partir dos valores de matéria seca e IAC com a variável independente “GDA”, foram feitas análises de regressão sigmóides com três parâmetros para a obtenção das taxas diárias de acúmulo de matéria seca, foram derivadas equações que tiveram coeficientes de determinação superiores a 0,85. (ARAÚJO JÚNIOR, 2019).

Os dados de crescimento e produtividade foram comparados aos diferentes sistemas de cultivo por meio de análises de variância e pelo teste de comparação de médias de Tukey ao nível de 5% de significância. Todas as análises estatísticas foram realizadas no programa Rstudio (2018). O ajuste das curvas de regressão e a confecção dos gráficos foram realizados no SigmaPlot (versão 14.0) e as tabelas foram confeccionadas por meio da ferramenta Microsoft Excel (2016).

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As fenofases dos clones de palma forrageira apresentaram comportamentos de acordo com a espécie, aplicação do manejo de corte e a intensidade do corte. A taxa de emissão dos cladódios (Figura 9) expos um número máximo de cinco fenofases para os clones de MIU e três para OEM durante o período estudado. Resultados semelhante aos de Araújo Júnior et al. (2021), que ao investigar o rendimento dos clones de palma forrageira submetidos a diferentes déficits hídricos controlado, encontraram um número de cinco fases para MIU e duas fases para OEM.

A primeira fenofase (F1), caracterizada pela taxa de emissão de cladódios de primeira ordem, foi encontrada em ambos os clones de palma forrageira. Para o clone MIU (Figuras 9a, 9b, 9c e 9d), a F1 teve um período médio de 864 °Cdia. Todavia, as plantas com FONDREN (Figuras 9a e 9b) tiveram um período médio de 1061 °Cdia, enquanto as plantas sem o FONDREN (Figuras 9c e 9d) permaneceram 668 °Cdia na primeira fenofase (F1), constatando que as plantas que não receberam o manejo FONDREN, encurtaram em 393°Cdia o período da F1 em relação as plantas que receberam o manejo FONDREN.



**Figura 9.** Fenofases de clones de palma forrageira submetidos ao manejo (FONDREN) e intensidade de corte cultivados em Serra Talhada – PE, durante o período de outubro de 2018 a novembro de 2020.

Foi possível notar a influência da intensidade cortes (CIC e SIC) no período da F1 nas plantas sem o manejo FONDREN. Onde as plantas sem intensidade de corte (Figura

9d) permaneceram 855 °Cdia na primeira fenofase, enquanto as plantas com intensidade de corte (Figura 9c) permaneceram apenas 480 °Cdia. Com isso, é possível visualizar o encurtamento da primeira fenofase em detrimento da intensidade do corte no clone miúda.

Na OEM, o período médio da F1 durou 1351 °Cdia (Figuras 9e, 9f, 9g, 9h), aproximadamente 11 meses, a duração da F1 se comportou de acordo com os manejos aplicados, sendo que a intensidade de corte o manejo que proporcionou cenários onde a F1 permaneceu mais tempo, as plantas com e sem FONDREN, obtiveram 1555 e 1380 °Cdia, respectivamente, já as plantas sem intensidade de corte permaneceram menos tempo na primeira fenofase a OEM com e sem FONDREN permaneceram 1250 e 1220 °Cdia, respectivamente.

Com isso, é possível observar a influência dos manejos no encurtamento ou prolongamento das fases iniciais de cada clone. Isso ocorre devido a duração entre as fases está relacionada a competição interespecífica por luz, água e nutrientes (MOTSA et al., 2017). Com o corte nos cladódios superiores, a temperatura do microclima é alterada, a competição por água e luz é reduzida e torna-se balanceada, uma vez que, o corte proporciona que a luz chegue as áreas fotossintéticas dos cladódios inferiores, antes bloqueadas, e passem a ser mais proativas no processo de produção e distribuição de fotoassimilados, além disso, as cactáceas alteram sua fenologia de acordo com variações nas exigências térmicas e hídricas (GOMES et al., 2019; TAIZ et al., 2017; ALVES et al., 2007).

A segunda fenofase (F2) apresentou uma taxa de emissão de cladódios semelhante em todas as situações com a MIU (Figuras 9a, 9b, 9c e 9d), a F2 teve um período médio de 431°Cdia e obteve taxas consideráveis quando comparada a F1. Na OEM, foi possível notar uma discrepância considerável no cenário onde a planta recebeu o FONDREN sem a intensidade de corte (Figura 9f). Evidenciando que a aplicação do FONDREN proporcionou uma taxa de emissão de cladódios de 2° ordem superior em relação as plantas que não receberam o FONDREN. Nesse cenário o período da fase 2 durou 4,4 meses (760 °Cdia), entre agosto de 2019 a janeiro de 2020, e alcançou o pico de emissão de cladódios aos 1591 °Cdia (outubro de 2019). A literatura reporta que para o clone OEM, as maiores contribuições numéricas de cladódios estão associadas a 2° ordem e que quando o cultivo desse clone é sob condições irrigada, o período médio da segunda fenofase é de aproximadamente 6,3 meses (AMORIM et al., 2017). Assim, o FONDREN

sem as intensidades de corte, encurtou o período médio da F2, o que pode indicar uma antecipação de 2 meses no momento de colheita.

A terceira fenofase (F3) foi encontrada em ambos os clones, porém a orelha de elefante mexicana (OEM) apresentou a F3 apenas nas plantas com FONDREN e sem intensidade de corte (Figura 9f). nas plantas sem FONDREN e sem a intensidade de corte (Figura 9h), a emissão de cladódios de 3° ordem não foram suficientes para elevar o desenvolvimento das plantas a terceira fenofase. Com isso é notório que a intensidade de corte (CIC) ao longo do tempo não influenciou surgimento de cladódio de 3° ordem, independentemente da utilização do manejo FONDREN. Amorim et al. (2017) constatou que a 3° fenofase presente nos clones de OEM sofreram inibição em detrimento do manejo aplicado, principalmente de acordo com o aumento da lâmina de irrigação. O surgimento de cladódios de terceira ordem na OEM, é derivado da baixa intensidade de corte imposta nas plantas, principalmente quando cladódio de 1° e 2° ordem são mantidos (PEREIRA et al., 2020).

A F3 foi encontrada em todas as condições em que o clone MIU foi submetido (Figuras 9a, 9b, 9c e 9d), e foi caracterizada como a máxima taxa de emissão de cladódio, onde o pico ocorreu aos 1790 °Cdia nas plantas com manejo FONDREN e sem intensidade de corte (Figura 9b). Foi possível notar a influência de cada tratamento no período em que a F3 foi imperante nos sistemas com o clone MIU, as plantas com FONDREN e com intensidade de corte (Figura 9a), que apesar de emissão de cladódios de 4° ordem, tiveram na F3 a sua última fenofase, com o período iniciando aos 1422 °C dias e seguindo até o fim do período estudado (3091 °Cdia), já as plantas sem FONDREN e com intensidade de corte (Figura 9c) apresentaram uma F3 com período muito inferior, iniciando a exatos 1000 °Cdia e sendo substituída pela F4 aos 1180 °Cdia. É possível notar que a F3 se mostrou mais beneficiada nas plantas que não receberam a intensidade de corte, pois as plantas sem FONDREN (Figura 9d) obtiveram taxas de emissão de cladódio similares as plantas em que houve adoção deste sistema, o que sugere a possibilidade de que plantas do clone miúda emitem mais cladódios de terceira ordem quando não sofrem corte em intervalos curtos de tempo (6 meses). Quando se conserva os cladódios inferiores, a atividade fotossintética da planta é potencializada, influenciando na capacidade de regeneração da planta, pois estes cladódios, principalmente os primários, possuem maior área do cladódios que implica diretamente num maior número de aréolas, que se assemelha as estruturas de gemas axilares, tudo isso

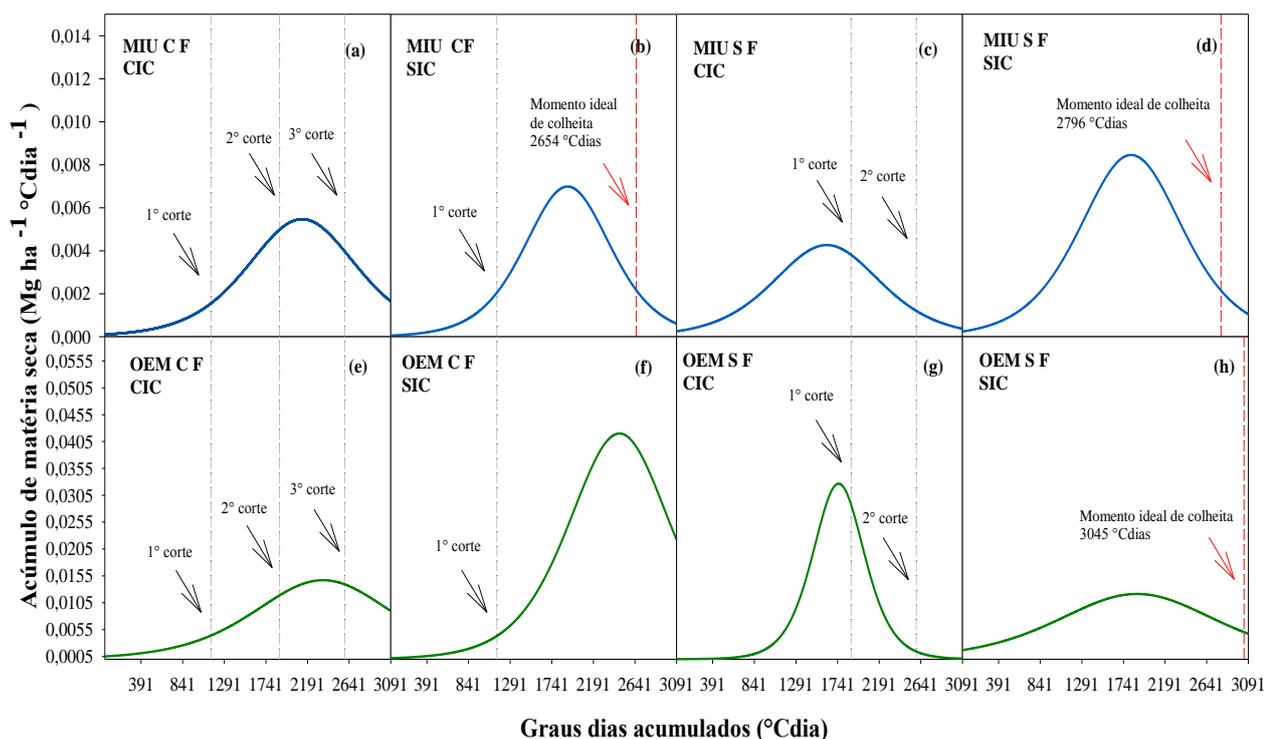
somado as boas disponibilidade de água, luz e nutrientes , resulta na emissão de novos cladódios superiores (PEREIRA et al., 2020).

A 4<sup>a</sup> e 5<sup>a</sup> fenofases (F4 e F5, respectivamente) só ocorreram nos clones de miúda, a F4 foi presente em todas as condições de cultivo (Figuras 9a, 9b, 9c e 9d), mas a F5 esteve mais associada nos clones sem manejo FONDREN e sem intensidade de corte. Historicamente a literatura indica que plantas do gênero *Nopalea* apresentam cladódios de ordens superiores em maior quantidade, Silva et al. (2015) realizou um estudo com três clones de palma forrageira: Miúda, Orelha de Elefante Mexicana e IPA Sertânia, e concluiu que a Miúda possui a maior taxa de emissão de cladódios do Semiárido brasileiro, com isso, o manejo FONDREN e a intensidade de corte arranjadas em cenários diferentes potencializaram a emissão de cladódios superiores, situação evidenciada na MIU SF CIC (Figura 8c), onde a F4 foi a fenofase que esteve soberana e atingiu o pico aos 1500 °Cdia.

Os maiores picos da taxa de emissão de cladódio ocorreram entre os meses de outubro e dezembro de 2019, justamente no momento em que a ETo atingiu os maiores valores. A produtividade sofre forte influência da transpiração e fotossíntese realizadas pelas plantas, esses processos são movidos pela intensidade de radiação solar e disponibilidade hídrica no solo (VIEIRA et al., 2010), com isso, as plantas tiveram maior atividade metabólica resultando em alto valores de emissão de cladódio. Nos dois clones o maior pico ocorreu justamente nas plantas que tiveram o balanceamento entre o número de fontes e drenos mas que não receberam a intensidade de corte (Figuras 9b e 9f), que promoveu manutenção dos cladódios mais antigo, transformando-os em fontes, outro fator que ajuda no desenvolvimento dos drenos ou surgimento de folhas mais jovens é a proximidade entre a fonte e o dreno, pois a translocação de nutrientes ocorre de maneira mais rápida, proporcionando uma distribuição de assimilados mais eficiente e dinâmica (VIEIRA et al., 2010) Todavia, é importante citar que o melhor desempenho das fontes (folhas mais antigas) está associado ao desenvolvimento da área foliar fotossinteticamente efetiva (i.e., tamanho da fonte), indicando que a manutenção da área foliar do dossel é de suma importância no surgimento de novos cladódios (TAIZ et al., 2017).

Baseado no acúmulo de matéria seca (Figura 10), é possível observar a influência do manejo de corte sobre o comportamento da curva de acúmulo e do momento ideal da colheita. Como houve corte ao longo do tempo na maioria dos cenários, o momento ideal de corte foi determinado (25% após o pico do acúmulo de MS) apenas para as plantas

com e sem FONDREN e sem intensidade de corte, a vista que nas demais situações, o corte progressivo das plantas realizado a cada seis meses proporcionaram pontos de referências próximo aos momentos de corte. Para as plantas com FONDREN e com intensidade de corte, o 1º, 2º e 3º corte foram realizados aos 1147 °Cdia, 1887 °Cdia e 2592 °Cdia respectivamente. Para as plantas sem FONDREN e com intensidade de corte, O 1º e 2º ocorreram aos 1887 °Cdia e 2592 °Cdia, respectivamente.



**Figura 10.** Acúmulo de matéria seca de clones de palma forrageira cultivados sob diferentes intensidades de corte e com ausência e presença de FONDREN, em Serra Talhada – PE, durante o período de outubro de 2018 a novembro de 2020.

Na MIU sem FONDREN e sem intensidade de corte (Figura 10d), o momento de corte ideal foi aos 2796 °Cdia, uma antecipação de 295 °Cdia. Já para OEM sem FONDREN e sem intensidade de corte (Figura 10h), o momento de colheita ideal (3045 °Cdia) se aproximou do momento em que as plantas foram colhidas, indicando que as plantas ainda estavam acumulando MS no momento da colheita. Para as plantas com o manejo FONDREN e sem as intensidades de corte (Figuras 10b e 10f) o momento ideal de corte foi estabelecido em 2654 °Cdia para o clone MIU, uma antecipação de 437 °Cdia. Para o clone OEM, o momento de corte, determinado 25% após do pico de acúmulo de MS, se projetou após a data em que as plantas foram colhidas, que pode ter ocorrido em função ao momento em que as plantas atingiram o pico de acúmulo de matéria seca.

As variações de condições de sistemas de cultivos costumam influenciar de formas diferentes o desenvolvimento de cada planta, por isso se faz necessário conhecimento dos estágios fenológicos para as tomadas de decisão, como aplicação dos manejos culturais e momento ideal de corte, quando se trata de plantas do gênero *Opuntia*, a definição do momento de corte pode ser feita através da idade da planta ou do número de cladódios da mesma (AMORIM et al., 201; BOWERS, 1996).

Considerando o clone MIU (Figuras 10a, 10b, 10c e 10d), nas plantas sem intensidade de corte (Figuras 10b e 10d) o acúmulo de matéria seca foi maior em relação a plantas com intensidade de corte (Figuras 10a e 10c), evidenciando que o corte intensivo a cada seis meses comprometeu o acúmulo de MS. Outro ponto que reforça essa observação, é que a maior taxa de acúmulo de matéria seca foi registrada no tratamento testemunha (Figura 10d), onde não foi aplicado o FONDREN e as intensidade de corte. As plantas que obtiveram a segunda maior taxa foram justamente nas plantas com FONDREN, mas sem a intensidade de corte. Intensificando que quanto menos a planta for submetida a cortes maior será o acúmulo de matéria seca. A literatura indica que o acúmulo de biomassa está associada as condições ambientais impostas aos cultivos, mas em relação as cactáceas, a conservação dos cladódios basais, de primeira e segunda ordem, influencia positivamente o acúmulo e rendimento final do palmar (LÓPEZ-GARCÍA et al., 2016; ALVES et al., 2007).

Os resultados mostraram ainda que nas plantas de MIU com intensidade de corte, o acúmulo e o momento do pico se mostrou diferente em função do corte inicial (FONDREN). Na figura 10a, é possível notar que o pico de acúmulo de MS ocorreu entre o 2° e 3° corte, já nas plantas que não receberam o FONDREN, somente um desbaste após seis e doze meses, o pico ocorreu antes dos cortes e em valores menores, isso mostra que o balanceamento entre fonte e dreno incitou um maior acúmulo de matéria seca independente das intensidades de corte.

O clone OEM (Figuras 10e, 10f, 10g e 10h), mostrou resultados diferentes da MIU nos mesmos cenários, observou-se que a aplicação dos cortes potencializou o acúmulo de matéria seca quando comparado as plantas sem FONDREN e sem intensidade de corte (Figura 10h), com isso, o maior acúmulo de MS foi encontrada nas plantas que receberam o balanceamento do número de fontes em relação ao dreno apenas no início do estudo (Figura 10f). Outro ponto importante observado nos dois cenários das plantas com FONDREN (Figuras 10e e 10f), foi que no momento da colheita, as plantas ainda estavam acumulando taxas consideráveis de matéria seca, enquanto nas plantas sem o FONDREN,

essas taxas chegaram ao momento da colheita com níveis relativamente baixo. É possível notar que o balanceamento da relação fonte e dreno proporcionou um momento corte e um pico de acúmulo de MS tardiamente em relação as plantas sem FONDREN, principalmente nas planas que receberam um corte uniforme com intervalo de seis meses (Figura 10g).

Em estudo realizado por Alves et al. (2007), trabalhando com intensidade de corte na palma forrageira, foi constatado que a maior produção de matéria seca, ocorreu nos cenários em que os cladódios de segunda ordem foram mantidos, devido ao maior índice de área do foliar, que proporciona uma grande extensão de área fotossintética. Farias et al. (2000), em estudo realizado com palma em diferentes frequências e intensidades de corte, encontraram resultados semelhantes, onde observou-se uma maior produção de matéria seca em intervalos maiores entre os corte, principalmente quando os cladódios de primeira ordem são mantidos, já para os cladódios de segunda ordem, a diferença na produção de matéria seca não se diferenciou significativamente nas colheitas realizadas entre dois e quatro anos de diferença, concluindo que quanto menos interferência ao longo do cultivo do palmar, melhor será o rendimento de matéria seca.

Baseado nas taxas exposta na Figura 10, observou-se uma diferença no acúmulo de matéria seca entre as duas variedades de palma forrageira. Queiroz et al., (2015), afirmaram que existe uma variação do conteúdo de matéria seca em função da cultivar e do manejo implementado. Com isso, é possível notar que os dois cenários com maiores acúmulos de matéria seca (MIU SF SIC e OEM CF SIC), receberam manejos diferentes em cenários com clones diferentes enquanto a MIU não sofreu nenhum corte ao longo do período estudado, a OEM teve em seu tratamento o uso de um corte baseado na relação fonte: dreno, afim de potencializar o seu rendimento final. Corroborando com essas informações, no cenário OEM SF SIC, onde o clone não recebeu nenhuma pratica de manejo de corte, o rendimento foi o menor dentre os cenários com o clone Orelha de Elefante Mexicana.

O acúmulo de biomassa e o rendimento final de matéria fresca e seca pode estar associado a atividade metabólica e a manutenção dos cladódios inferiores, o corte intensivo nos mesmo setores da planta (cladódios primários e secundários) pode ter causado a redução no acúmulo de matéria seca. Como a OEM concentra a produção, nos momentos iniciais após o corte, em cladódios de 1° e 2°, e os mesmo são responsáveis pela produção e distribuição de fotoassimilados, o corte excessivo desses cladódios

podem ter comprometido todo o processo de produção de matéria seca (PEREIRA et al.,2020; ALVES et al., 2007; FARIAS et al.,2000).

Os resultados observados anteriormente mostraram que o efeito dos cortes, seja pelo balanceamento entre o número de fontes e drenos ou pelo desbaste aplicado nas plantas conservando apenas os cladódios de primeira ordem, interferiram de maneiras diferentes nos dois clones de palma forrageira (OEM e MIU), em alguns casos é possível notar a contribuição do manejo no incremento de matéria verde e seca ao longo do período estudado, porém no que diz respeito ao número total de cladódios produzidos pelas plantas, não houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) após a aplicação de cada manejo (Tabela 2).

**Tabela 2.** Produtividade de clones de palma forrageira cultivados sob diferentes intensidades de corte, em Serra Talhada - PE, durante o período de outubro de 2018 a novembro de 2020.

	Clones / Tratamento								CV (%)	p-valor (0,05)
	MIU CF CIC	MIU CF SIC	MIU SF CIC	MIU SF SIC	OEM CF CIC	OEM CF SIC	OEM SF CIC	OEM SF SIC		
NTC	14,50	24,00	12,00	29,75	13,50	12,75	12,00	12,25	52,56	0,0523
Y. MF	100,81cd	64,57cd	35,725 d	144,85bcd	218,32abc	343,97 a	206,18abcd	284,49ab	41,28	0,000042
Y. MS	9,30bcd	6,72cd	3,54 d	12,3bcd	24,02ab	31,40 a	14,22abcd	22,80abc	46,88	0,00024

Médias seguidas de mesma letra na linha, não diferem pelo teste de Tukey à 5%. MIU – Miúda; OEM – Orelha de Elefante Mexicana; CF – Com FONDREN; SF – Sem FONDREN; CIC – Com intensidade de corte; SIC – Sem intensidade de corte. NTC - Número total de cladódios ( $n^\circ$ ); Y. MF - Produtividade de massa fresca ( $Mg\ ha^{-1}$ ); Y. MS - Produtividade de massa seca ( $Mg\ ha^{-1}$ ). CV - Coeficiente de variação.

Na Tabela 2 são apresentados os valores do número total de cladódios (NTC) e o rendimento final dos clones de palma forrageira cultivado sob diferentes manejos culturais. Em termos de NTC, não houve diferença significativa entre os clones em todas as condições imposta. Porém, o clone MIU obteve média maior no número total de cladódios em relação a OEM, 20,1 e 12,63 unidade de cladódios por planta, respectivamente. Segundo Araújo Júnior et al. (2021) isso ocorre devido a uma maior concentração de cladódios superiores presentes no clone miúda.

Apesar de não terem sido observadas diferenças significativas no NTC, no clone MIU é possível ver alterações na magnitude dos valores quando submetida aos manejos de corte, nesse caso, a máxima emissão total de cladódios esteve associada ao cenário MIU SF SIC (29,75 unidades de cladódio) situação em que não foi aplicado nenhum corte. Reyes-Agüero et al. (2006) observaram que a manutenção de dos cladódios de primeira ordem (menos cortes), promovem maior emissão de cladódios superiores,

devido a conservação de uma maior área fotossintéticas, que induz a uma maior produção de cladódios.

Observa-se que as plantas que receberam três cortes (MIU CF CIC - corte inicial, após seis e doze meses) durante todo o período estudado, apresentaram um NTC maior em relação as plantas que receberam apenas dois cortes (após seis e doze meses), isso ocorre devido ao método implementado, pois as plantas com FONDREN tiveram um balanceamento criterioso em relação aos cortes (Figuras 5 e 7), o que proporcionou uma maior produção de cladódios. Já no clone OEM, o NTC manteve números aproximados da média em todas as condições, não havendo mudanças motivada pelos cortes.

Os resultados obtidos se assemelham aos encontrados na literatura, onde os aspectos estruturais da planta, como o número total de cladódios, arranjo, distribuição dos cladódios na planta e o tamanho da área foliar influenciam na capacidade fotossintética, que contribuem para o rendimento final da cultura, no caso do clone Miúda, e as características morfológicas encontrados em plantas do gênero *Nopalea* agem de modo que a propagação dessa cultura seja potencializada (PINHEIRO et al., 2014; BARBOSA et al., 2018; AMORIM et al., 2015).

Os dados de produtividades expostos na Tabela 2, mostram que o clone OEM apresentou o melhor rendimento em matéria fresca (Y. MF) e matéria seca (Y.MS) em comparação com a MIU. Porém, é preciso ponderar a influência dos manejos aplicados no rendimento de cada condição, os diferenciando entre si, embora sendo o mesmo clone ( $p < 0,05$ ). plantas do gênero *Opuntia* possuem maior capacidade na eficiência do uso da água para atingir altos rendimentos ao fim de cada ciclo, é possível listar características marcantes como alto valor da área do cladódio que proporciona uma maior área fotossintética e um maior acúmulo de água quando comparado aos clones do gênero *Nopalea* (MORAIS et al., 2017; SNYMAN, 2013; GARCÍA-NAVA et al., 2015; SILVA et al., 2015).

Os rendimentos de matéria fresca e seca variaram significativamente ( $p < 0,05$ ) de acordo com o manejo aplicado em cada cenário. No clone OEM, os valores de produtividade de MF E MS apresentaram resultados de acordo com a quantidade de corte e de como o corte foi realizado, o maior rendimento esteve associado ao cenário OEM CF SIC (MF = 343,97 Mg ha<sup>-1</sup>; MS = 31, 40 Mg ha<sup>-1</sup>) que recebeu apenas um corte com base na relação fonte-dreno, enquanto o menor rendimento foi encontrado no cenário OEM SF CIC (MF = 206,18 Mg ha<sup>-1</sup>; MS = 14,22 Mg ha<sup>-1</sup>) que recebeu dois cortes baseados num desbaste simples, deixando apenas os cladódios de primeira ordem.

No clone MIU, os rendimentos de matéria fresca e seca variou significativamente ( $p < 0,05$ ) conforme a quantidade e como o corte foi aplicado. Onde, o cenário MIU SF SIC, que não recebeu nenhum corte ao longo de todo estudo, expos rendimento de 144,85 Mg ha<sup>-1</sup> de MF e 12,37 Mg ha<sup>-1</sup> de MS, e os menores rendimentos estiveram associados ao cenário MIU SF CIC (MF = 35,73 Mg ha<sup>-1</sup>; MS = 14,22 Mg ha<sup>-1</sup>), que recebeu dois cortes sem o manejo FONDREN. Assim, os menores valores de rendimento de matéria fresca e seca nos dois clones, esteve associado aos cortes simples, onde foram mantidos apenas os cladódios de primeira ordem.

Observa-se que os dois melhores rendimentos encontrados para ambos os clones ( $p < 0,05$ ), tanto para matéria fresca e matéria seca, estiveram associados ao menor número de cortes aplicados. No clone MIU, o melhor rendimento encontrado foi 144,85 Mg ha<sup>-1</sup> de MF e 12,37 Mg ha<sup>-1</sup> de MS, nesse cenário as plantas não receberam nenhum corte ao longo do período estudado, diferente do clone OEM que obteve o melhor resultado em que o manejo FONDREN foi aplicado, nessa situação o clone chegou ao valor de 343,97 Mg ha<sup>-1</sup> de MF e 30,40 Mg ha<sup>-1</sup> de MS. O rendimento médio de matéria fresca encontrada na OEM CF SIC (343,97 Mg ha<sup>-1</sup>), foi maior do que o encontrado por Araújo Junior et al. (2021), onde o mesmo submeteu três clones de palma forrageira (Orelha de elefante mexicana, Miúda e IPA-Sertânia) a diferentes déficits hídricos controlados e obteve um rendimento médio de MF para o clone OEM de 312 Mg ha<sup>-1</sup>. Indicando que a aplicação do manejo FONDREN no clone OEM, maximizou a produção de matéria fresca para palma irrigada cultivada sob condições do semiárido.

Já para o rendimento de matéria seca, os valores encontrados nesse estudo (30,40 Mg ha<sup>-1</sup>) praticamente se igualou ao rendimento de 30,73 Mg ha<sup>-1</sup> encontrado por Araújo Júnior et al. (2021) e superou os de Silva et al. (2015), que observaram um rendimento de 15,6 Mg ha<sup>-1</sup>, numa experimentação que procurou a interação entre os clones de palma forrageira com as variáveis meteorológicas em ambiente Semiárido.

Para as outras condições que envolvem o clone OEM (OEM CF CIC, OEM SF CIC e OEM SF SIC), os rendimentos de matéria seca se mostraram satisfatórios, pois o menor resultado (14,22 Mg ha<sup>-1</sup>) encontrado no cenário OEM SF CIC foi duas vezes superior aos encontrados por Alves et al. (2007), que submeteu a palma a diferentes intensidades de corte e encontrou um rendimento médio de matéria seca de 7,89 Mg ha<sup>-1</sup>.

1.

Para o clone MIU (Tabela 2), os outros cenários apresentaram rendimentos de matéria fresca e seca satisfatórios quando comparado aos resultados obtidos por Cruz Neto et al. (2017), que avaliaram a produtividade do clone Miúda por meio do incremento de água por irrigação, o rendimento médio de matéria fresca foi de 55,62 Mg ha<sup>-1</sup> e matéria seca de 4,41 Mg ha<sup>-1</sup>. Nesse caso apenas o cenário MIU SF CIC apresentou rendimento inferior de matéria fresca e seca, 35,73 e 3,54 Mg ha<sup>-1</sup> respectivamente.

## 7. CONCLUSÕES

1. O efeito do manejo de corte com alteração da relação fonte: dreno (FONDREN) proporcionou respostas excelentes no crescimento e acúmulo de biomassa quando associada ao clone de palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana.

2. A adição da intensidade de corte juntamente com o FONDREN, expos resultados de rendimento de matéria fresca satisfatórios para os dois clones (MIU e OEM).

3. Para ambos os clones (OEM e Miúda), o FONDREN juntamente com a aplicação dos cortes ao longo do tempo, proporcionou um alto acúmulo de matéria seca entre os momentos de cortes, indicando ao produtor que após aplicação do manejo, a tendência do rendimento de matéria seca será positiva.

4. O clone Orelha de Elefante Mexicana quando submetida ao manejo de corte baseado na relação fonte: dreno, encurtou, em aproximadamente 2 meses, o período da segunda fenofase (F2), o que sugere uma antecipação do momento ideal de colheita, e propiciou os melhores rendimentos de matéria fresca e seca quando comparado ao clone Miúda.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, S. C., DE LIMA, V. L. A., DA SILVA, P. F., NETO, J. D., & DE FARIAS, M. S. S. Sustentabilidade da pecuária leiteira do semiárido brasileiro com base em vulnerabilidade e resiliência socioecológica. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, 11(2), 236-248, 2020.

AHMAD, A., ARIF, M. S., YASMEEN, T., RIAZ, M., RIZWAN, M., SHAHZAD, S. M., ... & SAROSH, M. Seasonal variations of soil phosphorus and associated fertility indicators in wastewater-irrigated urban aridisol. **Chemosphere**, 239, 124725, 2020.

ALMEIDA, R. G., BARBOSA, R. A., ZIMMER, A. H., & KICHEL, A. N. Forrageiras em sistemas de produção de bovinos em integração. **Embrapa Gado de Corte-Capítulo em livro científico (ALICE)**, 2019.

ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Koppen's climate classification map of Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Germany, V. 22, n. 6, p. 711-728, 2014.

ALVES, C. P., SILVA, T. G. F., ALVES, H. K. M. N., JARDIM, A. M. D. R. F., DE SOUZA, L. S. B., DA CRUZ NETO, J. F., & DE SOUZA SANTOS, J. P. A. Consórcio palma-sorgo sob lâminas de irrigação: balanço de água no solo e coeficientes da cultura. **Agrometeoros**, v.27, n.2, 2020.

ALVES, R. N., FARIAS, I., MENEZES, R. S. C., DE ANDRADE LIRA, M., & DOS SANTOS, D. C. Produção de forragem pela palma após 19 anos sob diferentes intensidades de corte e espaçamentos. **Revista Caatinga**, v.20, n. 4, 38-44, 2007.

AMORIM, D. M., SILVA, T. G. F. D., PEREIRA, P. D. C., SOUZA, L. S. B. D., & MINUZZI, R. B. Phenophases and cutting time of forage cactus under irrigation and cropping systems. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 47, n. MAERINS1, 62-71, 2017.

AMORIM, P.L.; MARTUSCELLO, J.A.; ARAÚJO FILHO, J.T.D.; CUNHA, D.D.N.F.V.; JANK, L. Morphological and productive characterization of forage Cactus varieties. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 28, n. 3, p. 230–238, 2015.

ANDRADE, ANNA JÉSSICA PINTO; DE SOUZA, CIMONE ROZENDO; DA SILVA, NEUSIENE MEDEIROS. A vulnerabilidade e a resiliência da agricultura familiar em regiões semiáridas: o caso do Seridó Potiguar. **CAMPO-TERRITÓRIO: revista de geografia agrária**, v. 8, n. 15, 2013.

ARAÚJO JÚNIOR, G.N.; QUEIROZ, M.G.; JARDIM, A.M.R.F.; ARAUJO, J.F.N.; SILVA, T.G.F. Temperatura base da palma forrageira em sistema de cultivo consorciado com o sorgo. In: **XX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia V Simpósio de Mudanças Climáticas e Desertificação do Semiárido Brasileiro**, 2017, Anais... Juazeiro-BA/Petrolina-PE: SBAGRO,2017.

ARAÚJO JÚNIOR, G. D. N., SILVA, T. G. F. D., SOUZA, L. S. B. D., SOUZA, M. D. S., ARAÚJO, G. G. L. D., MOURA, M. S. B. D., ... & ALVES, H. K. M. N. Productivity, bromatological composition and economic benefits of using irrigation in the forage cactus under regulated deficit irrigation in a semiarid environment. **Bragantia**, v. 80, 2021.

ARAÚJO JÚNIOR, George do Nascimento. **Respostas morfo-fenológicas, agronômicas e benefícioeconômicos de clones de palma forrageira sob deficit hídrico controlado**. 2018. 64 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, Serra Talhada, 2019.

ASSAD, E. D., PINTO, H. S., ZULLO JUNIOR, J., & ÁVILA, A. M. H. Impacto das mudanças climáticas no zoneamento agroclimático do café no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n.11, 1057-1064, 2004.

BARBOSA, M.L.; SILVA, T.G.F.; ZOLNIER, S.; SILVA, S.M.S.; STEIDLE NETO, A.J. The influence of cladode morphology on the canopy formation of forage cactus plants. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 31, n. 1, p. 180 – 190, 2018.

BATALHA, MÁRIO OTÁVIO; BUAINAIN, ANTÔNIO MÁRCIO; SOUZA FILHO, HM DE. Tecnologia de gestão e agricultura familiar. **Gestão Integrada da Agricultura Familiar. São Carlos (Brasil): EDUFSCAR**, p. 43-66, 2005.

BORLAND, A. M.; HARTWELL, J.; WESTON, D. J.; SCHLAUCH, K. A.; TSCHAPLINSKI, T. J.; TUSKAN, G. A.; YANG, X.; CUSHMAN, J. C. Engineering crassulacean acid metabolism to improve water-use efficiency. **Trends in Plant Science**, v. 19, n. 5, p. 327-338, 2014.

BOUAZIZ, M.; MATSCHULLAT, J.; GLOAGUEN, R. Improved remote sensing detection of soil salinity from a semi-arid climate in Northeast Brazil. **Comptes Rendus Geoscience**, v. 343, n. 11-12, p. 795-803, 2011.

BOWERS, J.E., 1996. More Flowers or New Cladodes? Environmental correlates and biological consequences of sexual reproduction in a Sonoran Desert prickly pear cactus, *Opuntia engelmannii*. **Bull. Torrey Bot. Club**, p. 34-40, 1996.

CORDEIRO, G. G., DE RESENDE, G. M., PEREIRA, J. R., & COSTA, N. D. Utilização de água salina e condicionador de solo na produção de beterraba no semi-árido brasileiro. **Embrapa Semiárido-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 1999.

CRUZ, M. D. C. M. D., RAMOS, J. D., LIMA, L. C. D. O., MOREIRA, R. A., & RAMOS, P. S. Qualidade de frutas de tangerineira 'Ponkan' submetidas ao raleio químico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n. 1, 127-134, 2009.

CRUZ NETO, J. F., DE MORAIS, J. E. F., DE SOUZA, C. A. A., DE SOUSA CARVALHO, H. F., RODRIGUES, C. T. A., & DA SILVA, T. G. F. Aplicabilidade de indicadores agrometeorológicos para análise do incremento de água por irrigação em sistemas de produção da palma forrageira, cv. Miúda. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, p. 98-106, 2017.

DUARTE, TATIANA; PEIL, ROBERTA MN. Relações fonte: dreno e crescimento vegetativo do meloeiro. **Hortic. bras**, v. 28, n. 3, 2010.

FARIAS, I., LIRA, M. D. A., SANTOS, D. C. D., TAVARES FILHO, J. J., SANTOS, M. V. F. D., FERNANDES, A. D. P., & SANTOS, V. F. D. Manejo de colheita e espaçamento da palma-forrageira, em consórcio com sorgo granífero, no agreste de Pernambuco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 2, p. 341-347, 2000.

FEITOSA, ANTONIA ARISDÉLIA FONSECA MATIAS AGUIAR; GADELHA, TATIANA MARINHO GADELHA MARINHO; SOUSA, JUCIANY DE SOUSA GUERRA JUCIANY. Estudos socioambientais em áreas assistidas pela transposição do rio São Francisco no semiárido—ênfase na sustentabilidade e nas (in) viabilidades do percurso. **AMBIÊNCIA**, v. 15, n. 1, p. 40-56, 2019.

GALVÃO JÚNIOR, J. G. B. G., DA SILVA, J. B. A., MORAIS, J. H. G., & DE LIMA, R. N. Palma forrageira na alimentação de ruminantes: cultivo e utilização. **Acta Veterinaria Brasilica**, v. 8, n. 2, p. 78-85, 2014.

GARCIA, G. D. O., MARTINS FILHO, S., REIS, E. D., MORAES, W. B., & NAZÁRIO, A. D. A. Alterações químicas de dois solos irrigados com água salina. [Chemical changes

in two soils irrigated with saline water]. **Revista ciência agrônômica (Brasil)**.(Ene-Mar, v. 39, n. 1, p. 7-18, 2008.

GARCÍA-NAVA, F.; PEÑA-VALDIVIA, C.; TREJO, C.; GARCÍA-NAVA, R.; REYES-AGÜERO, J.A.; RIVERA, J.R.A. Biophysical and physiological characteristics of nopalitos (*Opuntia* spp., Cactaceae) as influenced by domestication. **Genetic resources and crop evolution**, v. 62, n. 6, p. 927 – 938, 2015.

GOMEZ-ZAVAGLIA, A.; MEJUTO, J. C.; SIMAL-GANDARA, J. Mitigation of emerging implications of climate change on food production systems. **Food Research International**, v. 143, p. 109256, 2020.

GUEDES, P. A., ALMEIDA, O. S., LEMOS, O. L., & REBOUÇAS, T. N. H. Relação fonte-dreno na formação de frutos: uma revisão bibliográfica. Vitória da Conquista, **Diálogos & Ciência**, p. 1-13, 2008.

HIMABINDU, Y., CHAKRADHAR, T., REDDY, M. C., KANYGIN, A., REDDING, K. E., & CHANDRASEKHAR, T. Salt-tolerant genes from halophytes are potential key players of salt tolerance in glycophytes. *Environmental and Experimental Botany*, 124, 39-63, 2016.

ICBA, International Center of Biosaline Agriculture. Disponível em <https://www.biosaline.org/content/about-icba>. Acesso 1 de maio de 2020.

JARDIM, A. M. D. R. F., DA SILVAB, T. G. F., SANDRA, L., DE SOUZAB, B., & DE SÁ SOUZA C, M. Interaction of agroecosystem intercropped with forage cactus-sorghum in the semi-arid environment: a review. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 5, n. 1, p. 069-087, 2020.

JARDIM, ALEXANDRE MONIÇOBA DA ROSA FERRAZ. Interação de agroecossistema consorciado com palma-sorgo em ambiente semiárido: uma revisão. 2018. 127 f. **Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal Rural de Pernambuco**, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, Serra talhada, 2019.

KIM, H.; KIM, J.; LEE, S. J. Fast and Efficient Water Absorption Material Inspired by **Cactus Root**. *ACS Macro Letters*, v. 7, n. 3, p. 387-394, 2018.

LACERDA, FRANCINETE FRANCIS; NOBRE, P.; DO CARMO SOBRAL, M.; LOPES, G. B. ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS GLOBAIS; UMA REALIDADE EM PERNAMBUCO. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica**, v.11, p. 121-154, 2015.

LAREDO, R. R., Ramos, J. D., dos Santos, V. A., de Oliveira, E. R., Moraes, K. S., & Tostes, N. V. Desponte de Cladódios de Pitaia Vermelha de Polpa Branca. **UNICIÊNCIAS**, v. 22, n. 1, p. 8-11, 2018.

LEITE, M. L. D. M. V., da Silva, D. S., de Andrade, A. P., Pereira, W. E., & RAMOS, J. P. D. F. Caracterização da produção de palma forrageira no cariri paraibano. **Revista Caatinga**, v. 27, n. 2, p. 192-200, 2014.

LOPEZ, S.E.J. Relacion de las practicas de manejo com la floracion de la pitahaya (*Hylocereus undatus*). Tese de Doutorado, 2010, 66f. **Instituto Politécnico Nacional**.

Maestria en ciencias en conservación y Aprovechamiento de recursos naturales Area: protección y producción vegetal. Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, 2010.

MACEDO, LUÍS OTÁVIO BAU. Modernização da pecuária de corte bovina no Brasil e a importância do crédito rural. **Agroanalysis, Rio de Janeiro**, v. 25, n. 6, p. 35-36, 2005.

MARCON FILHO, J. L., HIPÓLITO, J. D. S., MACEDO, T. A. D., KRETZSCHMAR, A. A., & RUFATO, L. Raleio de cachos sobre o potencial enológico da uva Cabernet Franc em duas safras. **Ciência Rural**, v. 45, n. 12, p. 2150-2156, 2015.

MATOS, F. S. *Folha Seca: Introdução a Fisiologia Vegetal*. Editora Appris, 2020.

MELGAR, B.; PEREIRA, E.; OLIVEIRA, M. B. P. P.; GARCIA-CASTELLO, E. M.; RODRIGUEZ-LOPEZ, A. D.; SOKOVIC, M.; BARROS, L.; FERREIRA, I. C. F. R. Extensive profiling of three varieties of *Opuntia* spp. fruit for innovative food ingredients. **Food Research International**, v. 101, p. 259-265. 2017.

MORAES, F. Mudanças do clima reduzem produção de alimentos. Oeco. Disponível em <http://www.oeco.org.br/noticias/28191-mudancas-do-clima-reduzem-producao-de-alimentos/>. Acesso 15 de novembro de 2017.

MORAIS, J.E.F.; SILVA, T.G.F.; QUEIROZ, M.G.; ARAUJO, G.G.L.; MOURA, M.S.B.; ARAÚJO JÚNIOR, G.N. Hydrodynamic changes of the soil-cactus interface, effective actual evapotranspiration and its water efficiency under irrigation. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, n. 4, p. 273-278, 2017.

MORATO, LUIZ ALBERTO NOGUEIRA; TEIXEIRA, RIVANDA MEIRA. Perfil e gestão de agroindústrias no semiárido sergipano. **Organizações Rurais & Agroindustriais**, v. 12, n. 3, p. 355-369, 2010.

MOSTAFA, H., EL-NADY, R., AWAD, M., & EL-ANSARY, M. Drip irrigation management for wheat under clay soil in arid conditions. **Ecological Engineering**, v. 121, p. 35-43, 2018.

MOTSA, M.M., SLABBERT, M.M., BESTER, C., NGWENYA, M.Z. Phenology of honeybush (*Cyclopia genistoides* and *C. subternata*) genotypes. **South African Journal of Botany**, v. 110, p. 57-67, 2017.

MOURA, M. S. B., de SOUZA, L. S. B., IIS, S., & da SILVA, T. G. F. Aptidão do Nordeste brasileiro ao cultivo da palma forrageira sob cenários de mudanças climáticas. In **Embrapa Semiárido-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: SIMPÓSIO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS E DESERTIFICAÇÃO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO, Juazeiro. Experiências para mitigação e adaptação. Petrolina: **Embrapa Semiárido**, 2011.

NGIN, C.; CHHOM, C.; NEEF, A. Climate change impacts and disaster resilience among micro businesses in the tourism and hospitality sector: The case of Kratie, **Cambodia. Environmental Research**, v. 186, p. 109557, 2020.

NOBEL, P. S. Biologia ambiental. In: BARBERA, G; INGLESE, P.; PIMIENTA BARROS, E. Agroecologia, cultivo e usos da palma forrageira. João Pessoa: **FAO, SEBRAE/PB**. p. 36-48, 2001.

NUNES, J. D. S. L., SILVA, T. G. F., DE SOUZA, L. S. B., JARDIM, A. M. D. R. F., ALVES, H. K. M. N., DA CRUZ NETO, J. F., ... & PINHEIRO, A. G. Morfogênese da palma forrageira sob modificação do ambiente de crescimento. **Agrometeoros**, v. 27, n. 2, 2020.

PARAGINSKI, ANA LAURA. A natureza das inovações em agroindústrias de arroz do Rio Grande do Sul. **RAI Revista de Administração e Inovação**, v. 11, n. 1, p. 55-72, 2014.

PELLEGRINO, GIAMPAOLO QUEIROZ; ZAN, EDUARDO DELGADO; MARIN, FÁBIO RICARDO. Mudanças climáticas globais e a agricultura no Brasil. **Revista Multiciência, Campinas**, n. 8, p. 139-162, 2007.

PEREIRA, J. D. S., CAVALCANTE, A. B., NOGUEIRA, G. H. M. D. S. M. F., CAMPOS, F. S., ARAÚJO, G. G. L. D., SIMÕES, W. L., & VOLTOLINI, T. V. Morphological and yield responses of spineless cactus Orelha de Elefante Mexicana under different cutting intensities. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, 21, 2020.

PEZZOPANE, C. D. G., SANTOS, P. M., CRUZ, P. G. D., ALTOÉ, J., RIBEIRO, F. A., & VALLE, C. B. D. Estresse por deficiência hídrica em genótipos de *Brachiaria brizantha*. **Ciência Rural**, v. 45, n. 5, p. 871-876, 2015

PIKART, FILIPE CHRISTIAN; MIOTO, PAULO TAMASO. Metabolismo ácido das crassuláceas: considerações ecofisiológicas e evolutivas. **Laboratório de Ensino de Botânica**, p. 138. 2016.

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

PORTO, E., HERMES, L., FERREIRA, R., VEIGA, H., & SAIA, A. Agricultura bioessalina: desafios e alternativas para o uso de águas salobras e salinas no semiárido brasileiro. **Embrapa Meio Ambiente-Documents (INFOTECA-E)**, 2019.

QUEIROZ, M. G. D., DA SILVA, T. G., ZOLNIER, S., SILVA, S., LIMA, L. R., & ALVES, J. D. O. Características morfofisiológicas e produtividade da palma forrageira em diferentes lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 10, p. 931-938, 2015.

QUEIROZ, M.G.; SILVA, T.G.F.; ZOLNIER, S.; SILVA, S.M.S.; SOUZA, C.A.A.S.; CARVALHO, H.F.S. Relações hídrico-econômicas da palma forrageira cultivada em ambiente semiárido. **Revista Irriga**, Botucatu, Edição Especial, Irrigação, p.141-154, 2016.

REYES-AGÜERO, J.A.; AGUIRRE-RIVESA, J.R.; VALIENTE-BANUET, A. Reproductive biology of *Opuntia*: A review. **Journal of Arid Environments**. v.64, n.4, p.549-585, 2006.

SALES, R. M. M., CAVALCANTI, M. T., DE MOURA SILVA, K. J., & DE JESUS SILVA, P. Agroindústria Familiar, ODS'se Desenvolvimento Alternativo: um estudo

sobre a Fonte do Sabor do Semiárido Paraibano/Brasil. **Redes (St. Cruz Sul, Online)**, v. 24, n. 3, p. 142-162, 2019.

SANTOS FELIX, E., DE LIMA, W. B., DA SILVA, C. T., ARAÚJO, J. S., PEREIRA, D. D., & DE LIRA, E. C. Cultivo de palma forrageira (*Opuntia Stricta*) irrigada com água salinizada/Cultivation of palma forrageira (*Opuntia Stricta*) irrigated with salinized water. **Brazilian Applied Science Review**, v. 2, n. 6, p. 1869-1875, 2018.

SANTOS, N. S., DE SALES SILVA, J. C., PEREIRA, W. S., MELO, J. L. R., DE LIMA, K. V., LIMA, D. O., ... & DE ALMEIDA, R. S. Crescimento da palma forrageira sob estresse salino e diferentes lâminas de irrigação. **Revista Craibeiras de Agroecologia**, v. 5, n. 1, p. 9452, 2020.

SANTOS, VANESSA SARDINHA. "Xilema e Floema"; **Brasil Escola**. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/biologia/xilema-floema.htm>. Acesso em 14 de julho de 2020.

SILVA, C. C. F.; SANTOS, L. C. Palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill.) como alternativa na alimentação de ruminantes. **Revista Eletrônica de Veterinária**, v. 7, n. 10, p. 1-13, 2006.

SILVA, DAVI JOSÉ; ARAÚJO, CA DE S. Agricultura irrigada: a importância da adubação. In: **Embrapa Semiárido-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 30., 2005, Recife. Anais... Recife: SBCS; **Embrapa Solos-UEP** Recife; UFRPE, 2005., 2005.

SILVA, M. V., DE ALMEIDA, G. L. P., BATISTA, P. H. D., PANDORFI, H., DE ALMEIDA MACÊDO, G. A. P., MESQUITA, M., & DA SILVA, R. A. B. Variabilidade Espacial dos Atributos Físicos do Solo em Área Cultivada com Palma Forrageira Resistente a Cochonilha do Carmim no Semiárido Nordeste. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 42, n. 4, p. 39-45, 2020.

SILVA, T. G. F., PRIMO, J. T. A., DE MORAIS, J. E. F., DA SILVA DINIZ, W. J., DE SOUZA, C. A. A., & DA CONCEIÇÃO SILVA, M. Crescimento e produtividade de clones de palma forrageira no semiárido e relações com variáveis meteorológicas. **Revista Caatinga**, v. 28, n. 2, p. 10-18, 2015.

SILVA, T. G. F., PRIMO, J. T. A., SILVA, S. M. S., MOURA, M. S. B. D., SANTOS, D. C. D., SILVA, M. D. C., & ARAÚJO, J. E. M. Indicadores de eficiência do uso da água e de nutrientes de clones de palma forrageira em condições de sequeiro no Semiárido brasileiro. **Bragantia**, v. 73, n. 2, p. 184-191, 2014.

SILVA, T.G.F.; ARAÚJO PRIMO, J.T.; MOURA, M.S.B.; SILVA, S.M.S.; MORAIS, J.E.F.; PEREIRA, P.C.; SOUZA, C.A.A. Soil water dynamics and evapotranspiration of forage cactus clones under rainfed conditions. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 50, n. 7, p. 515-525, 2015.

SNYMAN, H. A. Growth rate and water-use efficiency of cactus pears *Opuntia ficus-indica* and *O. robusta*. **Arid land research and management**, v. 27, n. 4, p. 337-348, 2013.

SOUZA FILHO, P. F.; RIBEIRO, V. T.; SANTOS, E. S.; MACEDO, G. R. 2016. Simultaneous saccharification and fermentation of cactus pear biomass-evaluation of using different pretreatments. **Industrial Crops and Products**, v. 89, p. 425-433.

STRECK, NEREU AUGUSTO; ALBERTO, CLEBER MAUS. Estudo numérico do impacto da mudança climática sobre o rendimento de trigo, soja e milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 9, p. 1351-1359, 2006.

SUDENE, Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste. Disponível em: <http://www.sudene.gov.br/images/arquivos/semiario/arquivos/mapa-semiarido-1262municipios-Sudene.pdf>. Dia do Acesso: 10 de Junho de 2020.

SUTHAR, J. D., RAJPAR, I., & GANJEGUNTE, G. K. Evaluation of Guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) genotypes performance under different irrigation water salinity levels: Growth parameters and seed yield. **Industrial Crops and Products**, n. 123, p. 247-253, 2018.

TAIZ, L., ZEIGER, E., MØLLER, I. M., & MURPHY, A. *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. Artmed Editora, 2017.

TAKASAGO, MILENE; DA CUNHA, CLEYZER ADRIAN; OLIVIER, AMON KABLAN GUY. Relevância da agropecuária brasileira: uma análise insumo-produto. **Revista Espacios**, v. 38, n. 38, 2017.

VELOSO, G. A., FERREIRA, M. E., JÚNIOR, L. G. F., & DA SILVA, B. B. Modelling gross primary productivity in tropical savanna pasturelands for livestock intensification in Brazil. **Remote Sensing Applications: Society And Environment**, n. 17, p. 100288, 2020.

VIEIRA, E. L., DE SOUZA, G. S., DOS SANTOS, A. R., & DOS SANTOS SILVA, J. **Manual de fisiologia vegetal**. edufma. 2010.

VIEIRA, V. P. P. B. Sustentabilidade do semiárido brasileiro: desafios e perspectivas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 7, n. 4, p. 105-112, 2002.

VILLA NOVA, N. A.; BARIONI, L. G.; PEDREIRA, C. G. S.; PEREIRA, A. R. Modelo para previsão da produtividade do capim elefante em função de temperatura do ar, fotoperíodo e frequência de desfolha. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**. Santa Maria, v. 7, n. 1, 1999.

XU, Y., ZHANG, Y., CHEN, J., & JOHN, R. Livestock dynamics under changing economy and climate in Mongolia. **Land Use Policy**, n. 88, p. 104120, 2019.

ZHANG, H.; FLOTTMANN, S. Source-sink manipulations indicate seed yield in canola is limited by source availability. **European Journal of Agronomy**, v. 96, p. 70-76, 2018.