ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>

Técnicas de manejo sustentável para o aporte forrageiro da agricultura familiar no semiárido brasileiro: palma forrageira, irrigação e fondren

João Pedro Alves de Souza Santos¹, George do Nascimento Araújo Júnior², Alexandre Maniçoba da Rosa Ferraz Jardim³, Carlos André Alves de Souza⁴, José Orlando Nunes da Silva⁵, Kaique Renan da Silva Salvador⁶, Luciana Sandra Bastos de Souza⁷, Thieres George Freire da Silva⁸

¹ Mestrando em Produção Vegetal da Universidade Federal Rural de Pernambuco/Unidade Acadêmica de Serra Talhada, Av. Gregório Ferraz Nogueira, s/n - José Tomé de Souza Ramos, Serra Talhada, PE, Brasil. CEP: 56909-535, peualves02@gmail.com. ² Doutorando em Engenharia Agrícola da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Av. Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, Recife, Pernambuco, Brasil. CEP: 52171-900, georgearaujo.agro@gmail.com. ³ Doutorando em Engenharia Agrícola da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Av. Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, Recife, Pernambuco, Brasil. CEP: 52171-900, alexandremrfj@gmail.com. ⁴ Doutorando em Engenharia Agrícola da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Av. Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, Recife, Pernambuco, Brasil. CEP: 52171-900, carlosandre08_msn.com. ⁵ Mestrando em Produção Vegetal da Universidade Federal Rural de Pernambuco/Unidade Acadêmica de Serra Talhada, Av. Gregório Ferraz Nogueira, s/n - José Tomé de Souza Ramos, Serra Talhada, PE, Brasil. CEP: 56909-535, joseorlanduu@hotmail.com. ⁶ Mestrando em Produção Vegetal da Universidade Federal Rural de Pernambuco/Unidade Acadêmica de Serra Talhada, Av. Gregório Ferraz Nogueira, s/n - José Tomé de Souza Ramos, Serra Talhada, PE, Brasil. CEP: 56909-535, kaiquersalvador@gmail.com. ⁷ Professora Adjunta I da Unidade Acadêmica de Serra Talhada, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Av. Gregório Ferraz Nogueira, s/n - José Tomé de Souza Ramos, Serra Talhada, PE, Brasil. CEP: 56909-535, sanddrabastos@yahoo.com.br. ⁸ Professor Associado II da Unidade Acadêmica de Serra Talhada, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Av. Gregório Ferraz Nogueira, s/n - José Tomé de Souza Ramos, Serra Talhada, PE, Brasil. CEP: 56909-535, thieres.silva@ufrpe.br.

Artigo recebido em 08/04/2021 e aceito em 13/12/2021

RESUMO

A palma forrageira (*Nopalea* e *Opuntia*) é uma cultura de fundamental importância para o Semiárido brasileiro (SAB), principalmente como fonte de alimento para os animais. Devido ao seu Metabolismo Ácido das Crassuláceas (CAM) e traços morfofisiológicos. Essa cactácea apresenta fácil adaptação à ambientes com altas temperaturas do ar e déficit hídrico, exibindo elevada eficiência no uso da água e produção satisfatória de biomassa, sobretudo em épocas de longa estiagem. Contudo, ainda é necessário o emprego de práticas de manejo que possam melhorar ainda mais as respostas da palma às condições ambientais dessa região. Nesta revisão, objetivou-se discutir sobre a utilização do manejo de corte baseado na relação fonte-dreno (FonDren) e o uso de irrigação complementar no cultivo da palma forrageira, de modo a melhorar o aporte forrageiro da agricultura familiar no Semiárido brasileiro. O manejo FonDren consiste na retirada de cladódios que não estejam participando ativamente no processo de fotossíntese (i.e., com injúrias e/ou sombreados), de forma a possibilitar maior emissão de novos, com incremento no desenvolvimento e acúmulo de biomassa da cultura. Por sua vez, a irrigação complementar à chuva, melhora o aproveitamento dos recursos hídricos locais, favorecendo o aumento do uso da água pela palma. A utilização dessas práticas em conjunto, pode incrementar o rendimento dos clones de palma forrageira, e promover maior aporte forrageiro aos sistemas produtivos de agricultura familiar do Semiárido brasileiro. Palavras-chave: Intensidade de corte, *Nopalea*, *Opuntia*, relação fonte-dreno, semiárido

Sustainable management techniques for the fodder supply of family agriculture in the brazilian semiarid: forage cactus, irrigation and fondren

ABSTRACT

The forage cactus (*Nopalea* and *Opuntia*) is a crop of fundamental importance for the Brazilian Semiarid Region (BSR), mainly as a source of food for animals. Due to its Crassulacean Acid Metabolism (CAM) and morphophysiological traits. This cactus is easily adapted to environments with high air temperatures and water deficit, showing high efficiency in the use of water and satisfactory production of biomass, especially in times of long drought. However, it is still necessary to use management practices that can further improve cactus responses to environmental conditions in that region. In this review, the objective was to discuss the use of cut management based on the source-drain ratio (FonDren) and the use of complementary irrigation in the cultivation of forage cactus, in order to improve the forage contribution of family agriculture in the Brazilian Semiarid. FonDren management consists of removing cladodes that are not actively participating in the photosynthesis process (i.e., with injuries and/or shading), in order to enable greater emission of new

cladodes, with an increase in the development and accumulation of biomass in the culture. In turn, irrigation complementary to rainfall improves the use of local water resources, favoring the increased use of water by the forage cactus. The use of these practices together, can increase the yield of forage cactus clones, and promote greater forage input to the productive systems of family agriculture in the Brazilian Semiárid.

Keywords: Cutting intensity, *Nopalea*, *Opuntia*, source-drain ratio, semiárid

* E-mail para correspondência:

thieres.silva@ufrpe.br (Silva, T. G. F.).

Introdução

O Semiárido brasileiro (SAB) apresenta características climáticas marcantes, tais como a má distribuição de chuvas ao longo do ano, com níveis abaixo de 800 mm ano⁻¹; temperatura média do ar elevada e baixa umidade relativa do ar, que somados, ocasionam baixa disponibilidade de água para as culturas, constituindo assim, um dos principais problemas enfrentados pelo setor agrícola dessa região (Alves et al., 2020; Silva et al., 2021a). A irregularidade das chuvas diminui o potencial produtivo dos sistemas de produção, fazendo com que o produtor busque alternativas capazes de mitigar os impactos causados pela variabilidade climática na sua propriedade (Albuquerque et al., 2017).

A maior parte da atividade agrícola do SAB, é desenvolvida pela agricultura familiar, o que a torna extremamente importante na cadeia produtiva da região. Mesmo assim, a ausência de tecnologias que minimizem os problemas causados pelo clima, e a falta de políticas públicas, são considerados entraves para o desenvolvimento desse setor (Andrade et al., 2013; Sombra et al., 2018). A pecuária é uma das principais atividades econômicas praticadas pelas famílias do SAB, sendo a vegetação nativa (i.e., Caatinga) a base de alimento para os rebanhos, contudo, o baixo suporte forrageiro (< 1 tonelada ano⁻¹), atrelado ao baixo conteúdo de matéria seca (MS) das suas plantas (< 5 toneladas ha⁻¹ ano⁻¹) (Dubeux Júnior et al., 2013; Queiroz et al., 2020), torna necessário a busca por alternativas que modifiquem esse cenário (Carvalho et al., 2022).

Nesse sentido, a palma forrageira (*Opuntia* spp. e *Nopalea* spp.) surge como uma alternativa de mitigação para os baixos rendimentos de forragem encontrados nos períodos de seca. Devido ao seu Metabolismo Ácido das Crassuláceas (CAM) e características morfofisiológicas, essa cactácea apresenta fácil adaptação à ambientes com altas temperaturas do ar e déficit hídrico, exibindo elevada eficiência no uso da água e produção satisfatória de biomassa, sobretudo em épocas de longa estiagem (Silva et al., 2015; Jardim et al., 2020a; Jardim et al., 2021a; Silva et al., 2021b).

Um estudo realizado, afim de mensurar a produtividade da vegetação nativa do semiárido,

constatou que, no período chuvoso, a produção de forragem originada da caatinga foi de 960,67 kg MS ha⁻¹, sendo a maior parcela atribuída das gramíneas presentes no bioma (292,57 kg MS ha⁻¹), no período seco, a produção foi de 1.041,54 kg MS ha⁻¹, com a serapilheira tendo a maior contribuição (532,60 kg MS ha⁻¹) (Rogério et al., 2020). Comparado com a palma, o aporte forrageiro atribuído pela vegetação nativa fica muito aquém. Cultivada em condições de déficit hídrico controlado, os clones palmam Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw.), Miúda (*Nopalea cochenillifera* (L.) Salm-Dyck) e IPA-Sertânia (*Nopalea cochenillifera* (L.) Salm-Dyck) produziram 31, 19 e 7 toneladas MS ha⁻¹ (Araújo Júnior et al., 2021). Em condições de sequeiro, a palma consegue superar com facilidade o aporte forrageiro fornecida pela caatinga. Em 710 dias de cultivo, essa forrageira produziu 35 toneladas MS ha⁻¹ (Leite et al., 2014).

Apesar da sua adaptação, ainda é necessário o emprego de práticas de manejo que possam melhorar ainda mais as respostas da palma às condições ambientais dessa região. O uso de irrigação complementar com aporte mínimo de água, por exemplo, é uma prática que possibilita incrementos produtivos, sem comprometer as características bromatológicas da cultura (Queiroz et al., 2015; Rocha; Voltolini; Gava, 2017; Araújo Júnior et al., 2021; Jardim et al., 2021b).

Em condição irrigada, a palma teve um incremento no rendimento de biomassa fresca, seca e no número de total de cladódios durante o período de 380 dias, esses resultados foram superiores aos encontrado na literatura com palma cultivada em condição de sequeiro, inclusive em ciclos superiores (Queiroz et al., 2015).

Buscando novas alternativas para o cultivo de palma, uma prática pouco utilizada, mas que surge como ótima alternativa de baixo custo e fácil aplicação, é o manejo de corte baseado na relação Fonte-Dreno (FonDren). Essa técnica consiste no balanceamento do número de áreas fotossintéticas (fonte) com os números de órgão receptores de fotoassimilados (drenos) (Duarte et al., 2010; Zhang; Flottmann, 2018), ou seja, para a palma, o FonDren equivale a retirada de cladódios que não

estejam participando ativamente no processo de fotossíntese (i.e., com injúrias e/ou sombreados), de forma a possibilitar maior emissão de novos cladódios, com incremento no desenvolvimento e acúmulo de biomassa da cultura.

Para uma melhor relação fonte-dreno, é preciso encontrar espécies que possuam alto índice de área foliar e que suporte altas taxas de temperatura do ar, uma vez que a maior interceptação de radiação solar, atrelada a mínima perda de água para a atmosfera, seria o ideal na aplicação desse manejo (Vieira et al., 2010). Logo, a adoção desse manejo no cultivo da palma forrageira pode favorecer uma maior emissão de cladódios e, consequentemente, maior produção de forragem pela cultura. Dessa forma, objetivou-se com essa revisão, discorrer sobre a utilização do manejo de corte baseado na relação fonte-dreno (FonDren) e o uso de irrigação complementar no cultivo da palma forrageira, de modo a melhorar o aporte forrageiro da agricultura familiar no Semiárido brasileiro.

Mudanças climáticas na agricultura

As mudanças climáticas poderão influenciar de modo negativo a atividade agrícola no Brasil, causando perdas econômicas a curto, médio e longo prazo (Carlos; Cunha; Pires, 2019). Estudos sobre o efeito do aquecimento global têm detectado mudanças no padrão da precipitação pluvial e aumento da temperatura do ar, que associados, poderão modificar o comportamento da evapotranspiração (Lacerda et al., 2015; Costa et al., 2020; Jardim et al., 2021c). Como tal, as atividades agrícolas serão diretamente afetadas, devido a redução da água presente no solo, e consequente aumento no déficit hídrico para as plantas (Araújo Júnior et al., 2021b).

Para o semiárido, essa variabilidade climática vem provocando alterações no calendário agrícola de várias culturas, principalmente daquelas cultivadas corriqueiramente em condições sequeiro, promovendo mudanças na data de semeadura e na forma de execução de técnicas de manejo (Lima et al., 2020). Previsões indicam que o semiárido brasileiro terá um aumento de 1°C

na média de temperatura do ar e redução de 20% na precipitação pluviométrica até o ano de 2040 (Lacerda et al., 2015). Até o fim do século XXI, as mudanças terão amplitude nacional. Aumento de 3°C na temperatura do ar em todo território brasileiro, redução da precipitação pluviométrica em 40% no Norte e Nordeste e 30% nas regiões Sul e Sudeste são algumas das mudanças previstas (PBMIC, 2013).

Essas mudanças são causadas por efeitos naturais, bem como por ações antropogênicas (Assad et al., 2004; Oliveira-Júnior et al., 2021). Nas últimas décadas a ação do homem sobre a natureza vem se tornando cada vez mais evidente. A queima de combustíveis fósseis juntamente com a poluição causada pelo setor industrial, são componentes primordiais para a evolução do aquecimento global advindo da emissão de gases do efeito estufa para a atmosfera (Vasconcelos et al., 2019; Oliveira-Júnior et al., 2021).

No Brasil, a maior parcela causadora do efeito estufa está relacionada a alteração no uso da terra e a conversão ilegal de biomas naturais em áreas agrícolas. Atividades como queima e corte de vegetações naturais, contribuem para a emissão de gases de efeito estufa (i.e., CO₂, N₂O, NO_x, CH₄, SO_x) para a atmosfera, e remove a proteção natural do solo contribuindo para a degradação da área, podendo chegar a níveis de desertificação irreversíveis (Vasconcelos et al., 2019; Oliveira-Júnior et al., 2021).

A desertificação é a degradação do solo, normalmente observada em regiões áridas, semiáridas e subúmidas secas. O processo de degradação pode ser derivado de causas naturais e de ações antropogênicas, proporcionando consequências graves para as regiões afetadas, chegando ao ponto de ser de difícil reversão a recuperação desse local, visto que essa recuperação gera gastos elevados (Santana, 2007; Xue et al., 2019; Cruz Neto et al., 2021). Atualmente, o semiárido brasileiro tem aproximadamente 600 mil km² de área desertificada (Figura 1), variando entre níveis de baixa a alta desertificação. Nessas condições a aplicação de áreas agricultáveis é praticamente descartada (Santos et al., 2017).

Figura 1. Áreas suscetíveis a desertificação no Semiárido brasileiro. Fonte: Ministério do Meio Ambiente (2005).

O efeito estufa é um dos fenômenos mais impactantes dentro das mudanças climáticas. A ação que esse fenômeno exerce sobre as espécies vegetais pode ocasionar redução de produtividades em esfera global (Strech; Alberto, 2006). O CO₂ é um dos principais gases causadores do efeito

estufa, além de ser o principal contribuinte antropogênico para o aumento de temperatura do planeta (Vasconcelos et al., 2019). A influência que o dióxido de carbono exerce sobre cada espécie varia de acordo com o metabolismo de cada cultura. Plantas com metabolismo C3 se

beneficiam do acúmulo de CO₂, ao passo que plantas C4 seriam prejudicadas. Contudo, o acúmulo excessivo de CO₂, em consonância com elevadas taxas de temperatura do ar, prejudicam o pleno funcionamento em ambas as espécies de plantas (Streck e Alberto, 2006).

Neste contexto, o resultado disso é a queda na produção de alimentos em escalas globais. Previsões realizadas pelo painel intergovernamental de mudanças climáticas (IPCC), indicam redução na produção de alimentos na região Nordeste. Os resultados apontam que em 2030, a região sofrerá uma queda de 10% a 14% na produção de culturas importantes para alimentação animal e humana (IPCC, 2014).

As plantas com Metabolismo Ácido das Crassuláceas (CAM), apresentam melhores respostas as altas concentrações de CO₂ na atmosfera, e ainda agem como atenuantes na redução do efeito estufa (Macêdo et al., 2017). A palma forrageira, cultura importante para a região semiárida (Queiroz et al., 2015), é conhecida pela sua rusticidade ao ambiente semiárido, tendo alta capacidade diária de captação de CO₂, a torna importante do ponto de vista ambiental, podendo ser útil na mitigação dos danos causados pelo efeito estufa nessas regiões (Nobel, 2001; Macêdo et al., 2017).

Desafios enfrentados pela agricultura familiar no Semiárido Brasileiro (SAB)

A agricultura familiar é o maior movimento social inserido no meio rural brasileiro, sendo o responsável pela maior parte da produção de alimentos para a população nacional (Aquino; Gazolla e schneider, 2018). Porém, grande parte dessas organizações familiares apresentam dificuldades em acompanhar os avanços tecnológicos exigidos para rivalizar, em igualdade, com o setor agroindustrial (Batalha et al., 2005). No semiárido, é bastante disseminado a ideia de cooperativas agrícolas familiares, todavia, as limitações provocadas pelo clima característico fazem com que haja uma resistência no desenvolvimento econômico, provocando um fenômeno social conhecido como êxodo rural (Morato; Texeira, 2010). Na maioria dos casos, o agricultor familiar não dispõe de um grande aporte financeiro para investimentos agrícolas, devendo se apegar a práticas de resiliência capazes de atenuar os momentos de crises encontrados na região. Boa parte dessa população sofre com a escassez de recursos hídricos, dificultando a produção de várias culturas importante no dia a dia dessas famílias (Andrade et al., 2013).

A capacidade de adaptação as mais diversas situações é uma importante virtude presente na cultura nordestina. A seca, fenômeno natural na região, exige do produtor a capacidade de planejar antecipadamente as medidas que serão tomadas ao longo do ano (Andrade et al., 2013). A importância de empregar um conceito sustentável nas atividades agrícolas, implica em conscientizar o agricultor familiar que a terra é um recurso finito, e o uso inadequado dessas áreas 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 sociedade que a aplicação de métodos sustentáveis pode gerar resultados satisfatórios (Vieira, 2002).

Estudos voltados para a sustentabilidade hídrica, busca oferecer água com qualidade e em quantidade satisfatória através da conservação dos recursos hídricos locais. Porém, medidas extremas devem ser tomadas para que os eventos frequentes de escassez hídrica não afetem o desenvolvimento econômico das classes menos favorecidas (Viera, 2002). Há tempos que o Nordeste vem presenciando a obra de transposição do rio São Francisco, que tem modificado a paisagem da Caatinga de forma contundente, provocando alterações no ecossistema. Porém, do ponto de vista hídrico, essa obra se torna necessária, uma vez que a disponibilização da água para mais áreas agrícolas, trará benefícios econômicos para essa região (Feitosa et al., 2019).

Sabendo das adversidades enfrentada, o desenvolvimento de manejos sustentáveis que tragam retorno econômico tem sido cada vez mais discutido. Cada vez mais o setor agropecuário tem crescido em esfera nacional. Assim, tecnologias que auxiliem os produtores a lidar com as peculiaridades do clima semiárido, é uma alternativa que proporciona maior capacidade de resiliência ao setor agrário inserido em sistemas agroambientais (Albuquerque et al., 2017). O setor agropecuário engloba atividades com a pecuária, o extrativismo e a agricultura, fornecendo produtos como hortaliças, grãos, carnes e forragem, além de fornecer matéria prima para agroindústria (Takasago et al., 2017).

A pecuária no semiárido está voltada à 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 condição de trabalho e de vida. Essa atividade é

praticada de forma extensiva, quando os rebanhos são criados soltos, e tem como a principal fonte de alimento, a vegetação nativa. No entanto, o baixo conteúdo de matéria seca das plantas da Caatinga, atrelado ao baixo suporte forrageiro, são determinantes para o desenvolvimento dessa atividade, sendo necessário buscar medidas que possam mitigar a falta de alimento para os rebanhos, principalmente nos períodos de estiagem (Dubeux Júnior et al., 2013; Aguiar et al., 2020).

Espécie adaptada: Palma forrageira

A escolha por uma espécie adaptada às condições climáticas de uma região é um dos fatores importantes na etapa do planejamento agrícola. Deve-se levar em consideração algumas características específicas como a exigência hídrica, aceitabilidade, produção de biomassa, entre outras (Araújo Júnior et al., 2021c). Especificamente no Semiárido, uma cultura que possibilite uma potencialização do aporte forrageiro é a palma forrageira, sendo uma das culturas mais propagadas na região, muito por conta do seu metabolismo CAM, que lhe confere elevada eficiência no uso da água, fácil adaptação às condições adversas, fazendo com que essa cactácea apresente grande importância no desenvolvimento agropecuário da região (Silva et al., 2015; Jardim et al., 2020b).

O metabolismo encontrado na palma se destaca por apresentar maior eficiência que os C3 e C4, tendo característica marcante de manter seus

estômatos fechados durante o dia e abertos durante a noite. No período noturno a temperatura está amena e a perda de água durante as trocas gasosas é reduzida (Pikart et al., 2016).

Classificada como uma planta xerófila, a palma forrageira se torna abio as condições do SAB devido suas características morfofisiológicas. 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 e manutenção do turgor celular. Na Figura 2, pode-se observar como é realizada a assimilação de CO₂. A planta abre seus estômatos e permite a difusão do CO₂ no interior dos cladódios. Em seguida, a Fosfoenolpiruvato carboxilase fixa o CO₂ e o transforma em ácido orgânico, que posteriormente será conduzido para fora dos vacúolos e quebrado para a liberação de CO₂, que entra no ciclo de Calvin para a produção de carboidrato. Além disso, outras características fazem com que essa espécie se torne uma planta ideal para se manter em condições normais no SAB, como a cutícula que reveste todo o cladódio e reduz a perda por transpiração; raízes estruturais, em esporão, desenvolvidas de aréolas, que possuem uma absorção rápida e impede a perda de água em situações de extrema seca, além de vacúolos grandes e estômatos reduzidos (Pezzopane et al., 2015; Nobel, 2001; Silva & Santos, 2006; Borland et al., 2014; 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 (Jardim et al., 2020a).

A palma forrageira aparece como destaque na alimentação de ruminantes por apresentar uma alta produção de forragem quando comparada com a vegetação nativa da caatinga (Silva et al., 2014). Quando cultivada em sistema com déficit hídrico controlado, a palma apresentou resultados de magnitude expressiva, com os clones Orelha de Elefante Mexicana, IPA – Sertânia e Miúda mostrando rendimento de massa fresca de 312, 83 e 191 toneladas ha⁻¹, respectivamente (Jardim et al., 2019; Araújo Júnior et al., 2021). Características como a fácil propagação, alto valor energético, elevado teor de nutrientes digestíveis totais e carboidratos não-fibrosos, rusticidade, alta aceitabilidade por parte do animal, fazem dessa espécie extremamente importante para o desenvolvimento da pecuária local (Leite et al., 2014).

Quando submetida a uma elevada taxa de CO₂, apresenta um amadurecimento mais rápido em seus cladódios produzindo com mais rapidez os cladódios secundários e aumentando a produção de biomassa. O seu metabolismo potencializa a eficiência no consumo de água em altas concentrações de CO₂, aumentando a quantidade de tecidos específicos na fixação do dióxido de carbono, armazenando os produtos finais produzidos na fotossíntese (Moura et al., 2011).

Como alimento animal, a palma pode trazer grandes benefícios nutricionais aos rebanhos. Classificada como alimento volumoso, a sua utilização diminui o consumo de concentrados mantendo o fornecimento de proteína verdadeira para o animal sem comprometer o desempenho produtivo (Lopes et al., 2019). Devido a sua composição, essa cactácea pode atuar como diurético para os caprinos, diminuindo problemas renais e alterando as funções renais e excreção mineral (Vieira et al., 2008). Sua utilização na alimentação de cabras é acondicionada ao aumento de ingestão de matéria seca, onde clones, como Miúda e IPA-Sertânia, possuem alta palatabilidade devido ao alto teor de carboidratos não fibrosos (Ferreira et al., 2009).

A palma por si só, não consegue suprir a demanda exigida. Com isso, busca-se alternativas viáveis para os períodos de estiagem. O uso do consórcio com outras forrageiras adaptadas ao clima Semiárido ajuda impulsionar o fornecimento de forragem para as atividades agrícolas e pecuárias. A cultura mais utilizada no consórcio com a palma é o sorgo, sendo uma cultura adaptada às condições adversas que fornece alto teor de fibra, alta produção de biomassa e características bromatológicas aceitáveis. O sistema palma-sorgo, proporciona um microclima agradável de

temperatura amena, somado a cobertura vegetal, a disponibilidade hídrica é maior para ambas as culturas. Contudo, o uso de consórcio e cobertura vegetal são algumas, entre tantas saídas usadas para minimizar a queda de produção (Salvador et al., 2021; Jardim et al., 2021b; Jardim et al., 2021d).

Uma alternativa bem difundida e de resultados expressivos é o cultivo de palma irrigada. 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 (Alves et al., 2020). Estudos indicam que o incremento estratégico de água, em sistema de produção com palma forrageira, pode se tornar uma saída sustentavelmente econômica para o produtor familiar, uma vez que esse aporte hídrico pode maximizar a produção da cultura (Rocha; Voltolini e Gava, 2017).

Para tornar um sistema irrigado com palma rentável e sustentável, a alternativa mais plausível é aplicar o manejo de irrigação baseado na exigência hídrica da palma. Aplicando baixas quantidades de água sem que a planta reduza seu desempenho produtivo. Assim, evitaria o desperdício de água e tornaria o palmar um sistema de produção mais lucrativo (Kögler e Söffker, 2017; Simões et al., 2018).

Além do uso desses métodos convencionais, uma prática pouco citada, mas que detém bons resultados, é a aplicação de cortes na palma ao longo do ciclo. Essa técnica pode ser aplicada de maneiras distintas, escalonando o corte entre estandes de plantas ou através das ramificações (Alves et al., 2007). O objetivo dessa técnica é aumentar a longevidade das áreas cultivadas com palma. Pois a manutenção da área elimina a necessidade de renovação provocando a redução de gastos com preparo de solo, adubação mineral e aquisição de material vegetal (Farias et al., 2000).

Irrigação no cultivo de palma forrageira

Regiões de clima árido e semiárido, sofrem anualmente com a má distribuição das chuvas e com os baixos índices de precipitação, fazendo-se necessário o uso de irrigação artificial. Com a queda eminente da disponibilidade de água de qualidade, os produtores aderem à utilização de água salina. Prática amplamente difundida para o enfrentamento desse problema, com uso frequente na maioria das áreas cultivadas do Nordeste brasileiro (Wang et al., 2016; Jardim et al., 2021e).

É importante frisar que o fator predominante para que o nordeste sofra com a escassez hídrica é a perda de água para atmosfera,

e não pela ausência de chuvas, a precipitação anual é de aproximadamente 700 bilhões de m³ de água, sendo que 97% desse valor (678,6 bi m³) 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 e práticas que possam reter por mais tempo a água no solo (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 a partir de diferenças nos comportamentos bioquímicos, morfológicos e fisiológicos. Especificamente, na troca de influxo e efluxo de Na⁺ (Himabindu et al., 2016).

O uso excessivo de irrigação com água salina irá iniciar inevitavelmente o processo de salinização do solo. Existe dois processos de salinização descrito na literatura, primário e secundário, sendo a salinização primária, àquela ligada aos processos de formação do solo com influência direta do tipo de rocha primária, enquanto salinização secundária está relacionada às atividades antrópicas: irrigação e uso de fertilizantes químicos (Jardim et al., 2020a).

A ausência de água de qualidade não é exclusividade do Brasil. O mundo contemporâneo vem enfrentando problemas para encontrar água de qualidade para as diversas finalidades. Com o crescimento 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 no 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 escoa e evapora causando desperdício e gerando danos a natureza (Mostafa et al., 2018; Silva et al., 2020a).

Os principais sais encontrados na água de irrigação são cloretos, bicarbonatos e carbonatos combinado com cálcio, magnésio e sódio. Quando aplicado em altos volumes, esses sais irão se acumular até que a capacidade produtividade do solo seja afetada. Pois, o excesso desses elementos

difículta 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 desses 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 ≥ 30 partes por mil (‰) (Rodrigues et al., 2020).

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 desenvolvem com o abastecimento de água com teores elevados de sais (Porto et al., 2019).

É de conhecimento científico que a produtividade dos cultivos, em geral, depende de sua sensibilidade à salinidade e da qualidade da água. Uma vez que, sob estresse salino, as plantas diminuem seu potencial osmótico, resultando em baixa eficiência na absorção de nutrientes e limitando a assimilação de CO₂. 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 (Costa et al., 2021; Simões et al., 2021; Uyeda et al., 2005).

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 médios condutividade elétrica.

Um estudo detalhado realizado por Felix et al. (2018), testou a tolerância da palma à 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⁻¹ de

condutividade elétrica a 25 °C. Os autores concluíram que a altura da planta foi afetada nos três maiores níveis de salinidade (3,0; 4,5 e 6,0 dS m⁻¹), mas o crescimento só foi afetado após um longo período de aplicação. O acúmulo de sódio em excesso (S4) dificulta o crescimento e largura da planta. Assim é indicado irrigar palma com água até 1,5 dS m⁻¹ de condutividade elétrica. Pois, não prejudica a emissão de cladódios e não reduz área fotossintética da planta. Tão importante na produção de fotoassimilados e no incremento de material vegetal.

A aplicação de lâmina de irrigação no cultivo de palma forrageira deve ser baseada na sua

exigência hídrica. Oliveira et al. (2010), concluiu que quando cultivada e regiões com altos valores de precipitação anual, a cultura tem dificuldade de desenvolvimento, promovendo baixa produtividade em função de estresse por excesso hídrico. Esse resultado se assemelha com os encontrados por Queiroz et al. (2015), onde a palma foi submetida a diferentes lâminas de irrigação baseada na evapotranspiração da cultura, os resultados mostraram, que de acordo com o aumento da lâmina de irrigação, não houve incremento no número de cladódio e no rendimento de biomassa verde e seca.

Tabela 1. Produtividade de clones de palma forrageira irrigada por diferentes autores.

Clones (Gênero)	Ano	País	Autor	Irrigação + Precipitação	Produtividade
OEM (<i>Opuntia</i>)	2021	Brasil	Campos et al.	582,0 mm	323,84 Mg ha ⁻¹ MV
IPA(<i>Nopalea</i>)	2021	Brasil	Campos et al.	582,0 mm	272,34 Mg ha ⁻¹ MV
Miúda (<i>Nopalea</i>)	2021	Brasil	Campos et al.	671,0 mm	168,08 Mg ha ⁻¹ MV
Gigante (<i>Opuntia</i>)	2021	Brasil	Campos et al.	439,0 mm	346,48 Mg ha ⁻¹ MV
OO (<i>Opuntia</i>)	2021	Brasil	Campos et al.	582,0 mm	219,24 Mg ha ⁻¹ MV
OEM (<i>Opuntia</i>)	2021	Brasil	Araújo Júnior et al.	1559,21 mm	312 Mg ha ⁻¹ MV
Miúda (<i>Nopalea</i>)	2021	Brasil	Araújo Júnior et al.	1559,21 mm	191 Mg ha ⁻¹ MV
IPA(<i>Nopalea</i>)	2021	Brasil	Araújo Júnior et al.	1559,21 mm	83 Mg ha ⁻¹ MV
OEM (<i>Opuntia</i>)	2020	Brasil	Ferraz et al.	800,88 mm	700 Mg ha ⁻¹ MV
Miúda (<i>Nopalea</i>)	2020	Brasil	Ferraz et al.	912,21 mm	250 Mg ha ⁻¹ MV
OEM (<i>Opuntia</i>)	2020	Brasil	Silva et al.	841,2 mm	171,7 Mg ha ⁻¹ MV
OEM (<i>Opuntia</i>)	2019	Brasil	Azevedo Júnior et al.	613,0 mm	90, 23 kg ha ⁻¹ MV
Gigante (<i>Opuntia</i>)	2019	Brasil	Fonseca et al.	1630,0 mm	218,20 Mg ha ⁻¹ MV
OEM (<i>Opuntia</i>)	2016	Brasil	Queiroz et al.	1048,0 mm	146,33 Mg ha ⁻¹ MV

MV = Massa verde; OEM = Orelha de Elefante Mexicana; OO = Orelha de Onça; IPA = IPA-Sertânia.

Várias são as mudanças provocadas na palma a partir do incremento de água. Amorim et al. (2017) propôs avaliar a interferências que as diferentes lâminas de irrigação (0%; 8,75%; 17,5%; 26,25%; e 35% da evapotranspiração) têm alterações sobre a fenologia da planta e o momento

ideal de colheita. Os resultados indicaram aumento de emissão de cladódios de segunda ordem de modo em que a lâmina foi aumentando. A importância de resultado se dá no momento que os cladódios inferiores (1° e 2° ordem) são os responsáveis pela emissão de novas folhas, que por

consequência representa mais incremento de matéria verde e seca (Alves et al., 2007).

A literatura descreve como o uso da irrigação maximiza a produtividade da palma forrageira (Araújo Júnior et al., 2021; Azevedo Júnior et al., 2019; Campos et al., 2021; Diniz et al., 2017; Ferraz et al., 2020; Fonseca et al., 2019; Queiroz et al., 2016; Silva et al., 2020b). Na Tabela 1, é possível observar os recentes projetos com palma forrageira associando a produtividade ao uso da irrigação.

Os resultados obtidos mostram que existem diferenças na produtividade final da palma forrageira independente do clone ou da lâmina de água aplicada. Fatores como condições ambientais e condução do palmar (aplicação de manejos culturais) podem afetar o rendimento final da cultura. Assim, é de suma importância que as

tomadas de decisões em relação ao gerenciamento agrícola sejam corretas, que tramite desde a instalação do sistema de irrigação a época de colheita.

Manejo de corte com base na relação fonte-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 água e sais minerais do sistema radicular para a parte aérea seguindo o movimento ascendente via vasos capilares (Vieira et al., 2010).

A formação dos elementos do xilema ocorre a partir da diferenciação das células do próprio xilema. Após esse processo, elas morrem formando uma parede celular muito resistente a altas pressões internas. Essas células passam a ser denominadas de traqueídes e os elementos de vaso (Figura 3). Estruturas de grande importância na distribuição nutrientes para planta (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 (Fonte - Dreno). Nas regiões 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 (Ferrão et al., 2021; Matos et al., 2020; Eitelven et al., 2017).

Figura 4. Ilustração dos elementos do floema: elementos de tubo crivado (ETC) e células companheiras (CC) (Taiz et al., 2017).

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 fotossintético é produzido (i.e., folhas totalmente desenvolvidas). Os drenos, são os órgãos de reserva da planta 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).

As características morfológicas da fonte influenciam 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 substância. A planta que apresenta 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 (Ferrão et al., 2021; Peixoto, 2020).

Uma prática muito usada no cultivo de frutíferas, o desbaste ou raleio é usado para aumentar a produtividade da cultura. Conceitualmente, essa prática consiste na eliminação de órgãos da planta de menor interesse econômico mantendo aqueles mais desenvolvidos. Com o interesse de reduzir a competição por recursos e potencializar a produção da cultura de modo qualitativo (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 podem ser consideradas como drenos e as folhas como fontes. O balanceamento numérico nessa relação pode 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 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).

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 poda tem ligação direta com o FonDren, estudos indicam que esse manejo estimula a indução floral, maximizando o crescimento vegetativo (Ramos et al., 2018).

Para empregar essa técnica na palma é preciso dividir em duas etapas: Primeira etapa, realizado no início do ciclo, onde as plantas apresentam o cladódio basal e os cladódios de 1º, 2º e eventualmente 3º ordem. É recomendado a seguinte metodologia: os cladódios de 1º ordem são mantidos, e os de 3º ordem totalmente eliminados. A variação é aplicada aos cladódios de 2º ordem, onde: 1) a planta que apresentou um cladódio de 1º e um 2º ordem, teve o desbaste aplicado apenas no cladódio de 2º ordem; 2) plantas com dois e três cladódios de 2º ordem, independentemente da quantidade de cladódios de 1º, o corte foi aplicado em apenas um cladódio; 3) plantas com quatro e cinco cladódios (2º ordem), o corte foi feito em dois cladódios; 4) em plantas com seis cladódios (2º 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 (2021).

Na segunda etapa, realizada ao longo do ciclo, o corte é aplicado nas ramificações deixando apenas os cladódios de ordem primária. Respeitando o seguinte critério (Figura 6 e 7): a realização do corte é feita de modo a deixar metade das ramificações, 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. Na escolher dos cladódios a serem retirados da planta, é importante optar por aqueles que apresentem má formação, com sintomas de doenças ou ataques de patógenos, e ramificações que por ventura interfiram no manejo dos tratos culturais.

Figura 6. 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 (2021).

Figura 7. Aplicação do manejo de corte em clone de palma forrageira Miúda, no município de Serra Talhada – PE, Brasil. Fonte: Autor (2021).

Com a introdução desse manejo na cultura da palma forrageira, espera-se que ocorra indução a emissão de novos cladódios de maneira mais rápida. 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 às 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 (Taiz et al., 2017; Alves et al., 2007).

A manutenção dos cladódios mais antigos proporciona a planta uma maior área fotossintética, maior poder de regeneração e preservação do conteúdo de reserva (Cavalcante et al., 2017). Os primários, possuem maior área de cladódio que implica diretamente num maior número de aréolas, que se assemelha às estruturas de gemas axilares, tudo isso somado às boas disponibilidades de água, luz e nutrientes, resulta na emissão de novos cladódios superiores (Pereira et al., 2020).

É esperado que a partir da aplicação do corte o rendimento final de matéria fresca e seca seja elevado. O acúmulo de biomassa está

associado às condições ambientais impostas aos cultivos, mas em relação às cactáceas, a conservação dos cladódios basais, de primeira e segunda ordem, influencia positivamente o acúmulo e rendimento final do palmar (Amorim et al., 2017).

Com o intuito de manter a área ativa fornecendo alimentos para os rebanhos. O corte escalonado surge como uma medida viável no sistema de produção de palma. Nesse caso, o período entre cada corte é fundamental para não comprometer o acúmulo de massa seca e, por consequência, a produtividade da cultura. Esse incremento está associado à atividade metabólica e à manutenção dos cladódios inferiores. O clone de palma Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw.) concentra a maior taxa de incremento de matéria seca nos momentos iniciais após a retirada dos cladódios primários. Com isso, o corte excessivo desses cladódios pode comprometer todo o processo de produção de matéria seca. Uma vez que esse setor (cladódios primários) da planta é o maior responsável pela produção e distribuição do produto fotossintético (Pereira et al., 2020; Farias et al., 2000).

Tabela 2. Características estruturais de Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw) sob diferentes intensidades de corte (preservando cladódios mãe - MOTH; preservando cladódios primários - PRIM; preservando cladódios secundários - SECC) aos 12 meses de rebrota (Pereira et al., 2020).

Variável	Intensidade de corte			SEM	Valor p
	MOTH	PRIM	SECC		
	(rCAI = 0,08)	(rCAI = 0,33)	(rCAI = 0,69)		
Altura da planta (cm)	61,37b	88,37a	94,5a	1,69	<0,0001
Largura da planta (cm)	53,69b	91,5a	111,43a	3,12	<0,0001
NCr inicial	1c	3,15b	7,02a	0,28	<0,0001
NCr final	1c	4,3b	12,5a	0,51	<0,0001
Número total de cladódios	11,34b	17,47b	24,75a	0,93	<0,0001
Número de cladódios primários	3,95	3,3	3,35	0,13	0.0645
Número de cladódios secundários	6,74	8,35	8,15	0,33	0.2009
Número de cladódios terciários	0,89c	5,72b	10,35a	0,53	<0,0001
Número de cladódios quaternários	0c	0,08b	3,2a	0,44	<0,0001
TPC (cm)	1,40b	1,88a	1,79a	0,05	0.0001
rCAI inicial	0,08c	0,33b	0,69a	0,03	<0,0001
final rCAI	0,07c	0,47b	1,58a	0,07	<0,0001
Índice geral de área do cladódio	1,23c	2,53b	3,55a	0,14	<0,0001
Índice de área do cladódio primário	0,46	0,37	0,39	0,02	0,1835
Índice de área do cladódio secundário	0,76b	1,54a	1,37a	0,06	<0,0001
Índice de área de cladódio terciário	0,03c	0,76b	1,69a	0,09	<0,0001
Índice de área do cladódio quaternário	0c	0,01b	0,4a	0,06	<0,0001

NCr = número de cladódios no resíduo; TPC = espessura dos cladódios primários; rCAI = índice de área do cladódio para o resíduo inicial; os valores médios seguidos por diferentes letras minúsculas na mesma linha são significativamente diferentes pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). SEM = é o erro padrão da média.

Na Tabela 2, Pereira et al. (2020) mostraram a influência da intensidade de corte no desenvolvimento estrutural da palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw). É possível notar que as intensidades mais suaves, preservando os cladódios de segunda ordem, proporcionaram valores de maiores magnitudes. A altura e largura da planta tiveram maior incremento de material vegetal, assim como o número total de cladódios. Isso ocorreu devido a preservação da área foliar que, consequentemente, possui maior área fotossintética, o que possibilita maior assimilação de CO_2 , aumentando a produção de novos cladódios. Em relação a produtividade (Tabela 3), nota-se que os rendimentos de matéria seca e verde também são maximizados com a

aplicação do corte. Onde a aplicação menos intensa, preservando os cladódios primários, propiciaram maior rendimento de forragem e taxa de acumulação de forragem. A eficiência do uso da água também foi observada por Pereira et al. (2020). Assim como variáveis calculadas, a intensidade de corte menos intensa elevou a eficiência do uso da água ($\text{kg MS ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$). Concluindo que uma maior área residual de material vegetal é importante para geração de novas brotações, aumentando o aporte forrageiro e fornecendo alimento aos rebanhos de interesse durante uma maior escala temporal. Sendo uma técnica de manejo sustentável e eficiente para os produtores rurais inseridos em áreas com problemas hídricos e econômicos.

Tabela 3. Respostas produtivas da palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw) sob diferentes intensidades de corte (preservando cladódios-mãe - MOTHC, preservando cladódios primários - PRIMC e preservando cladódios secundários - SECC) aos 12 meses de rebrota (Pereira et al., 2020).

Variável	Intensidade de corte			SEM	Valor p
	MOTHC (rCAI = 0,08)	PRIMC (rCAI = 0,33)	SECC (rCAI = 0,69)		
Peso colhido (kg planta ⁻¹)	5,14b	8,30a	6,30ab	0,37	0,0026
Peso do cladódio primário (kg)	2,35	0	0	0,1	-
Peso do cladódio secundário (kg)	2,52b	5,91a	0	0,26	<0,0001
Peso do cladódio terciário (kg)	0,75b	2,46b	5,42a	0,3	<0,0001
Peso do cladódio quaternário (kg)	0	0,39	1,67	0,11	0,1465
Rendimento de forragem (t MV ha ⁻¹)	223,4b	360,8a	273,8ab	16,1	0,0026
Rendimento de forragem (t MS ha ⁻¹)	20,92b	37,55a	33,18a	1,89	0,0018
FAR (kg MS ha ⁻¹ dia ⁻¹)	57,32b	102,89a	90,90a	5,17	0,0018
WUE (kg MS ha ⁻¹ mm ⁻¹)	16,82b	33,51a	29,61a	1,68	0,0018

MV = matéria verde; MS = matéria seca; FAR = taxa de acumulação de forragem; WUE = eficiência do uso da água; rCAI = índice de área do cladódio residual. Os valores médios seguidos por diferentes letras minúsculas na mesma linha são significativamente diferentes pelo teste de Tukey (P<0,05). SEM = é o erro padrão da média.

Considerações finais

A palma forrageira ocupa grande importância nas atividades agrícolas e pecuárias presente no Semiárido. Porém, ainda se faz necessário o uso de técnicas que possam elevar as respostas produtivas dessa forrageira. Por ter fácil adaptação ao clima da região, a aplicabilidade de diversos manejos agrícolas em seu cultivo pode ser a saída necessária para elevar o potencial agrônomo dessa cultura. A introdução da irrigação no cultivo da palma ainda é uma barreira a ser quebrada nas regiões menos favorecidas. Mas, a maioria das pesquisas relacionada a esse tema, reforçam as vantagens que esse sistema oferece. Com tudo, ainda existem poucos trabalhos que relacionam o cultivo de palma irrigada com aplicação de cortes escalonados afim de promover a longevidade do palmar sem comprometer a capacidade produtiva. Porém, a atuação em conjunto dessas práticas pode elevar o rendimento produtivo da palma forrageira devido as características morfofisiológicas da planta somado com a eficiência que essas técnicas oferecem. Sugerimos, a realização de trabalhos futuros que avaliem a palma forrageiras submetida a diversas técnicas de manejo sustentável, com a finalidade de aumentar o aporte forrageiro com o intuito de

melhorar o desenvolvimento socioeconômico da região.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES e à Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia de Pernambuco – FACEPE pelo auxílio financeiro. Os autores também agradecem ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal – UFRPE/UAST e a Universidade Federal Rural de Pernambuco – Unidade Acadêmica de Serra Talhada.

Referências

- Aguiar, S. C., de Lima, V. L. A., da Silva, P. F., Neto, J. D., & de Farias, M. S. S., 2020. Sustentabilidade da pecuária leiteira do semiárido brasileiro com base em vulnerabilidade e resiliência socioecológica. Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais, 11, 236-248.
- Albuquerque Wanderley, L. S., Nóbrega, R. S., de Menezes, R. S. C., Lima, C., & dos Santos, J. A. D. L., 2017. Climatologia aplicada ao planejamento de cultivo da palma forrageira em bacia hidrográfica no semiárido do Nordeste

- brasileiro. Revista Brasileira de Geografia Física, 10, 955-969.
- 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., 2020. Consórcio palma-sorgo sob lâminas de irrigação: balanço de água no solo e coeficientes da cultura. *Agrometeoros*, 27.
- Alves, R. N., Farias, I., Menezes, R. S. C., de Andrade Lira, M., & dos Santos, D. C., 2007. Produção de forragem pela palma após 19 anos sob diferentes intensidades de corte e espaçamentos. *Revista Caatinga*, 20, 38-44.
- Amorim, D. M., Silva, T. G. F. D., Pereira, P. D. C., Souza, L. S. B. D., & Minuzzi, R. B., 2017. Phenophases and cutting time of forage cactus under irrigation and cropping systems. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 47, 62-71.
- Andrade, A. J. P., de Souza, C. R., & da Silva, N. M., 2013. A VULNERABILIDADE E A RESILIÊNCIA DA AGRICULTURA FAMILIAR EM REGIÕES SEMIÁRIDAS: o caso do Seridó Potiguar. *CAMPO-TERRITÓRIO: revista de geografia agrária*, 8.
- Aquino, J. R. D., Gazolla, M., & Schneider, S., 2018. Dualismo no campo e desigualdades internas na agricultura familiar brasileira. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 56, 123-142.
- 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., 2021. Productivity, bromatological composition and economic benefits of using irrigation in the forage cactus under regulated deficit irrigation in a semiarid environment. *Bragantia*, 80, e1221.
- Araújo Júnior, G. do N., Jardim, A. M. da R. F., Silva, M. J., Alves, C. P., Souza, C. A. A. de, Costa, S. A. T., Cunha, M. V., Simões, A. do N., Silva, J. R. I., Souza, L. S. B. de, & Silva, T. G. F., 2021b. Growth dynamics and accumulation of forage mass of forage cactus clones as affected by meteorological variables and water regime. *European Journal of Agronomy*, 131, 126-375.
- Araújo Júnior, G. do N., Silva, T. G. F. da, Souza, L. S. B., Araújo, G. G. L., Moura, M. S. B. de, Alves, C. P., Salvador, K. R. S., Souza, C. A. A., Montenegro, A. A. A., & Silva, M. J., 2021c. Phenophases, morphophysiological indices and cutting time in clones of the forage cacti under controlled water regimes in a semiarid environment. *Journal of Arid Environments*, 190, 145510.
- Assad, E. D., Pinto, H. S., Zullo Junior, J., & Ávila, A. M. H., 2004. Impacto das mudanças climáticas no zoneamento agroclimático do café no Brasil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 39, 1057-1064.
- Azevedo Júnior, M. S. D. A., Ferreira Neto, M., Medeiros, J. F., Sá, F. V. S., Lima, Y. B., & Lemos, E. M., 2019. Productivity and nutrient content of forage cactus irrigated with domestic sewage effluent. *Irriga*, 24, 830-842. <https://doi.org/10.15809/irriga.2019v24n4p830-842>
- Batalha, M. O., Buainain, A. M., & Souza Filho, H. D., 2005. Tecnologia de gestão e agricultura familiar. *Gestão Integrada da Agricultura Familiar*. São Carlos (Brasil): EDUFSCAR, 43-66.
- Borland, A. M., Hartwell, J., Weston, D. J., Schlauch, K. A., Tschaplinski, T. J., Tuskan, G. A., ... & Cushman, J. C., 2014. Engineering crassulacean acid metabolism to improve water-use efficiency. *Trends in plant science*, 19, 327-338.
- Campos, A. R. F., Silva, A. J. P. da, Lier, Q. de J. van, Nascimento, F. A. L. do, Fernandes, R. D. M., Almeida, J. N. de, & Paz, V. P. da S., 2021. Yield and morphology of forage cactus cultivars under drip irrigation management based on soil water matric potential thresholds. *Journal of Arid Environments*, 193, 104564. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2021.104564>
- Carlos, S. D. M., Cunha, D. A. D., & Pires, M. V., 2019. Conhecimento sobre mudanças climáticas implica em adaptação? Análise de agricultores do Nordeste brasileiro. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 57, 455-471.
- Carvalho, W. F., Alves, A. A., Gândara, F. C., Memória, H. Q., Fernandes, F. É. P., Pompeu, R. C. F. F., Muir, J. P., Costa, C. S., Sousa, K. R. F., Oliveira, D. S., & Rogério, M. C. P., 2022. Seasonal strategic feed supplements for sheep grazing Caatinga rangeland: behavior and performance. *Small Ruminant Research*, 206, 106572.
- Cavalcante, J. M. M., Queiroz, A. L. B., Oliveira, C. C., & Saraiva, J. F. C. S., 2017. Desenvolvimento inicial de brotações com uso de 1/2 e 1/6 do cladódio na propagação da palma forrageira *Nopalea cochenillifera* var. miúda. *PUBVET*, 11, 744-839.
- Cordeiro, G. G., Resende, G. M. D., Pereira, J. R., & Costa, N. D., 1999. Utilização de água salina e condicionador de solo na produção de beterraba no semiárido brasileiro. *Horticultura Brasileira*, 17, 39-41.

- Costa, F. H. R., Goes, G. F., Almeida, M. S., Magalhães, C. L., de Sousa, J. T. M., & Sousa, G. G., 2021. Maize crop yield in function of salinity and mulch | Produtividade da cultura do milho em função da salinidade e da cobertura morta vegetal. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 25, 840–846. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v25n12p840-846>
- Costa, M. S., Oliveira-Júnior, J. F., Santos, P. J., Correia Filho, W. L. F., Gois, G., Blanco, C. J. C., Teodoro, P. E., Silva Junior, C. A., Santiago, B. D., Souza, E. O., Jardim, A. M. R. F., 2020. Rainfall extremes and drought in Northeast Brazil and its relationship with El Niño–Southern Oscillation. *International Journal of Climatology* 41, 2111-2135.
- Cruz, M. D. C. M. D., Ramos, J. D., Lima, L. C. D. O., Moreira, R. A., & Ramos, P. S., 2009. Qualidade de frutas de tangerineira 'Ponkan' submetidas ao raleio químico. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 31, 127-134.
- Cruz Neto, J. F., Jardim, A. M. R. F., Souza, L. S. B., Silva, T. G. F., 2021. Desertificação: uma visão geral dos processos e conceitos, fundamentados em aplicação de índices orbitais através do sensoriamento remoto. *Research, Society and Development*, 10(11), e585101119950. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i11.19950>
- Diniz, W. J. S., da Silva, T. G. F., Ferreira, J. M. S., dos Santos, D. C., de Moura, M. S. B., de Araújo, G. G. L., & Zolnier, S. (2017). Forage cactus-sorghum intercropping at different irrigation water depths in the Brazilian Semiarid Region. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 52, 724–733. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2017000900004>
- Duarte, T. D. S., & Peil, R., 2010. Relações fonte: dreno e crescimento vegetativo do meloeiro. *Horticultura brasileira*, 28, 271-276.
- Dubeux Júnior, J. C. B., Dos Santos, M. V. F., De Mello, A. C. L., Vieira da Cunha, M., de A. Ferreira, M., Dos Santos, D. C., ... & da C. Silva, M., 2013. Forage potential of cacti on drylands. In *VIII International Congress on Cactus Pear and Cochineal* 1067, 181-186.
- Eitelven, T., Luvison, F., & Severo, T. Cassol., 2017. Xilema: Fatores externos que influenciam no seu funcionamento, conectando o cotidiano ao científico. *Revista Interdisciplinar de Ciência Aplicada*, 2, 6.
- 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., 2000. Manejo de colheita e espaçamento da palma-forrageira, em consórcio com sorgo granífero, no agreste de Pernambuco. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 35, 341-347.
- Feitosa, A. A. F. M. A., Gadelha, T. M., & Sousa, J. D. S. G. J., 2019. Estudos socioambientais em áreas assistidas pela transposição do rio São Francisco no semiárido—ênfase na sustentabilidade e nas (in) viabilidades do percurso. *AMBIÊNCIA*, 15, 40-56.
- Felix, E. S., de Lima, W. B., da Silva, C. T., Araújo, J. S., Pereira, D. D., & de Lira, E. C., 2018. Cultivo de palma forrageira (*Opuntia Stricta*) irrigada com água salinizada. *Brazilian Applied Science Review*, 2, 1869-1875.
- Ferrão, G. da E., Edmilson, Pires, E. I. B. A. I. C. G., & Silva-Matos, R. R. S. da., 2021. Fisiologia Vegetal - Manual de aulas práticas. EDUFMA.
- Ferraz, R. L. de S., Neto, J. D., Costa, P. S., Lima, A. S. de, Silva, P. F., Matos, R. M. de, & Melo, A. S., 2020. Variations in soil water replacement levels promote changes in forage cactus mineral composition and biomass productivity ARTICLES. *Revista Ambiente e Água*, 15, e2537. <https://doi.org/10.4136/1980-993X>
- Ferreira, M.A.; Silva, F.M.; Bispo, S.V. Azevedo M., 2009. Estratégias na suplementação de vacas leiteiras no semi-árido do Brasil. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38, 322-329.
- Fonseca, V. A., Dos Santos, M. R., da Silva, J. A., Donato, S. L. R., Rodrigues, C. S., & Brito, C. F. B., 2019. Morpho-physiology, yield, and water-use efficiency of opuntia ficus-indica irrigated with saline water. *Acta Scientiarum - Agronomy*, 41, 1–11. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v41i1.42631>
- Guedes, P. A., Almeida, O. S., Lemos, O. L., & Rebouças, T. N. H., 2008. Relação fonte-dreno na formação de frutos: uma revisão bibliográfica. *Vitória da Conquista, Diálogos & Ciência*, 1-13.
- Himabindu, Y., Chakradhar, T., Reddy, M. C., Kanygin, A., Redding, K. E., & Chandrasekhar, T., 2016. Salt-tolerant genes from halophytes are potential key players of salt tolerance in glycophytes. *Environmental and Experimental Botany*, 124, 39-63.
- IPCC., 2014. Contribuição do Grupo de Trabalho II para o Quinto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Alterações Climáticas (IPCC). In *Alterações Climáticas 2014: Impactos, Adaptação e Vulnerabilidade - Resumo para Decisores*. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/ar5_wg2_spmport-1.pdf

- Jardim, A.M.R.F., Silva, T.G.F., Souza, L.S.B., Alves, H.K.M.N., Araújo, J.F.N., Silva, G.I.N., Silva, J.O.N., 2019. Dinâmica da água no solo com cultivo de palma forrageira sob quatro sistemas de plantio. *Agrometeoros*, 27, 357-365.
<http://dx.doi.org/10.31062/agrom.v27i2.26446>
- Jardim, A. M. R. F., da Silva, T. G. F., Sandra, L., de Souza, B., & de Sá Souza, M., 2020a. Interaction of agroecosystem intercropped with forage cactus-sorghum in the semi-arid environment: a review. *Journal of Environmental Analysis and Progress*, 5, 069-087.
<https://doi.org/10.24221/jeap.5.1.2020.2743.069-087>
- Jardim, A. M. R. F., Silva, T. G. F., Souza, L. S. B., Souza, M. S., Morais, J. E. F., Araújo Júnior, G. N., 2020b. Multivariate analysis in the morpho-yield evaluation of forage cactus intercropped with sorghum. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 24, 756-761.
<https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v24n11p756-761>
- Jardim, A. M. R. F., Santos, H. R. B., Alves, H. K. M. N., Ferreira-Silva, S. L., Souza, L. S. B., Araújo Júnior, G. N., Souza, M. S., Araújo, G. G. L., Souza, C. A. A., Silva, T. G. F., 2021a. Genotypic differences relative photochemical activity, inorganic and organic solutes and yield performance in clones of the forage cactus under semi-arid environment. *Plant Physiology and Biochemistry* 162, 421-430.
<https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2021.03.011>
- Jardim, A. M. da R. F., Silva, T. G. F., Souza, L. S. B., Araújo Júnior, G. do N., Alves, H. K. M. N., Souza, M. de S., Araújo, G. G. L., Moura, M. S. B., 2021b. Intercropping forage cactus and sorghum in a semi-arid environment improves biological efficiency and competitive ability through interspecific complementarity. *Journal of Arid Environments*, 188, 1-11.
<https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2021.104464>
- Jardim, A. M. R. F., Silva, M. V., Silva, A. R., dos Santos, A., Pandorfi, H., Oliveira-Júnior, J. F., de Lima, J. L. M. P., Souza, L. S. B., Araújo Júnior, G. N., Lopes, P. M. O., Moura, G. B. A., & Silva, T. G. F., 2021c. Spatiotemporal climatic analysis in Pernambuco State, Northeast Brazil. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 105733.
<https://doi.org/10.1016/j.jastp.2021.105733>
- Jardim, A. M. R. F., Souza, L. S. B., Alves, C. P., Araújo, J. F. N., Souza, C.A.A., Pinheiro, A. G., Araújo, G. G. L., Campos, F. S., Tabosa, J. N., Silva, T. G. F., 2021d. Intercropping forage cactus with sorghum affects the morphophysiology and phenology of forage cactus. *African Journal of Range and Forage Science*, 38:1-12.
<https://doi.org/10.2989/10220119.2021.1949749>
- Jardim, A. M. R. F., Silva, J. R. I., Silva, M. V., Souza, L. S. B., Araújo Júnior, G. N., Alves, H. K. M. N., Mesquita, M., Souza, P. J. O. P., Teixeira, A. H. C., Silva, T. G. F., 2021e. Modelling the Darcy–Weisbach friction factor and the energy gradient of the lateral line. *Irrigation and Drainage*, 1-12.
<https://doi.org/10.1002/ird.2658>
- Kim, H., Kim, J., & Lee, S. J., 2018. Fast and efficient water absorption material inspired by cactus root. *ACS Macro Letters*, 7(3), 387-394.
- Kögler, F., & Söffker, D., 2017. Water (stress) models and deficit irrigation: System-theoretical description and causality mapping. *Ecological Modelling*, 361, 135-156.
- Lacerda, F. F., Nobre, P., do Carmo Sobral, M., & Lopes, G. M. B., 2014. Alterações climáticas globais; uma realidade em Pernambuco. *Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica*, 11, 121-154.
- Leite, M. L. D. M. V., da Silva, D. S., de Andrade, A. P., Pereira, W. E., & RAMOS, J. P. D. F., 2014. Caracterização da produção de palma forrageira no cariri paraibano. *Revista Caatinga*, 27, 192-200.
- Lima, C. I. S. D., Silva, F. D. D. S., Freitas, I. G. F. D., Pinto, D. D. C., Costa, R. L., Gomes, H. B., ... & Silva, B. K. D. N., 2020. Método Alternativo de Zoneamento Agroclimático do Milho para o Estado de Alagoas. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 35, 1057-1067.
- Lopes, L. A., de Carvalho, F. F. R., Belo, A. M. D. C., Batista, Â. M. V., Camargo, K. S., da Silva, J. R. C., ... & Carvalho, C. C. D., 2019. Balanço hídrico e excreção renal de metabólitos em cabras leiteiras alimentadas com feno de alfafa e palma forrageira. *Medicina Veterinária (UFRPE)*, 13, 583-590.
- Macêdo, A. J. S., Santos, E. M., de Oliveira, J. S., & Perazzo, A. F., 2017. Produção de silagem na forma de ração à base de palma: Revisão de Literatura. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, 18, 1-11.
- Marcon Filho, J. L., Hipólito, J. D. S., Macedo, T. A. D., Kretzschmar, A. A., & Rufato, L. (2015). Raleio de cachos sobre o potencial enológico da uva Cabernet Franc em duas safras. *Ciência Rural*, 45, 2150-2156.
- Matos, F. S., 2020. Folha seca: introdução à fisiologia vegetal. Editora Appris.

- Melgar, B., Pereira, E., Oliveira, M. B. P., Garcia-Castello, E. M., Rodriguez-Lopez, A. D., Sokovic, M., ... & Ferreira, I. C., 2017. Extensive profiling of three varieties of *Opuntia* spp. fruit for innovative food ingredients. Food Research International, 101, 259-265.
- Morato, L. A. N., & Teixeira, R. M., 2010. Perfil e gestão de agroindústrias no semiárido sergipano. Organizações Rurais & Agroindustriais, 12, 355-369.
- Mostafa, H., El-Nady, R., Awad, M., & El-Ansary, M., 2018. Drip irrigation management for wheat under clay soil in arid conditions. Ecological Engineering, 121, 35-43.
- Moura, M. S. B., de Souza, L. S. B., IIS, S., & da Silva, T. G. F., 2011. 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, 3., 2011, Juazeiro. Experiências para mitigação e adaptação. Petrolina: Embrapa Semiárido.
- Nobel, P. S., 2001. Biologia ambiental. In: Barbera, G.; Inglese, P.; Barros, E. P. Agroecologia, cultivo e usos da palma forrageira. João Pessoa: FAO, SEBRAE/PB. 36-48.
- Oliveira, F. T.; Souto, J. S.; Silva, R. P.; Andrade Filho, F. C.; Pereira Júnior, E.B., 2010. Palma forrageira: Adaptação e importância para os ecossistemas áridos e semiáridos. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, 5, 27-37.
- Oliveira-Júnior, J. F., Mendes, D., Correia Filho, W. L. F., da Silva Junior, C. A., de Gois, G., Jardim, A. M. R. F., Silva, M. V., Lyra, G. B., Teodoro, P. E., Pimentel, L. C. G., Lima, M., Santiago, D. B., Rogério, J. P., Marinho, A. A. R., 2021. Fire foci in South America: Impact and causes, fire hazard and future scenarios. Journal of South American Earth Sciences, 103623. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2021.103623>
- PBMC. 2013. Contribuição do Grupo de Trabalho 1 ao Primeiro Relatório de Avaliação Nacional do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas. Sumário Executivo GT1. PBMC, Rio de Janeiro, Brasil, 24.
- Peixoto, C. P. 2020. Princípios de fisiologia vegetal - Teoria & Prática. Pod editora.
- 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., 2020. Morphological and yield responses of spineless cactus Orelha de Elefante Mexicana under different cutting intensities. Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal, 21, 1-10. <https://doi.org/10.1590/S1519-99402121142020>
- Pezzopane, C. D. G., Santos, P. M., Cruz, P. G. D., Altoé, J., Ribeiro, F. A., & Valle, C. B. D. 2015. Estresse por deficiência hídrica em genótipos de *Brachiaria brizantha*. Ciência Rural, 45, 871-876.
- Pikart, F. C., & Miotto, P. T. 2016. Metabolismo ácido das crassuláceas: considerações ecofisiológicas e evolutivas. Laboratório de Ensino de Botânica, 138.
- Porto, E., Hermes, L., Ferreira, R., Veiga, H., & Saia, A., 2019. Agricultura bioessalina: desafios e alternativas para o uso de águas salobras e salinas no semiárido brasileiro. Embrapa Meio Ambiente-Documents (INFOTEC-E).
- Queiroz, M. G. D., da Silva, T. G., Zolnier, S., Silva, S., Lima, L. R., & Alves, J. D. O., 2015. Características morfofisiológicas e produtividade da palma forrageira em diferentes lâminas de irrigação. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 19, 931-938.
- Queiroz, M. G., da Silva, T. G. F., Zolnier, S., Jardim, A. M. D. R. F., de Souza, C. A. A., Júnior, G. D. N. A., ... & de Souza, L. S. B. (2020). Spatial and temporal dynamics of soil moisture for surfaces with a change in land use in the semi-arid region of Brazil. Catena, 188, 104457.
- Queiroz, M. G., Silva, T. G. F., Zolnier, S., Silva, S. M. S. e, Souza, C. A. A. de, & Carvalho, H. F. de S., 2016. Relações Hídrico-Econômicas Da Palma Forrageira Cultivada Em Ambiente Semiárido. Irriga, 1, 141. <https://doi.org/10.15809/irriga.2016v1n01p141-154>
- Ramos, J. D., Laredo, R. R., Santos, V. A., de Oliveira, E. R., Moraes, K. S., & Tostes, N. V., 2018. Desponte de Cladódios de Pitaia Vermelha de Polpa Branca. UNICIÊNCIAS, 22, 8-11.
- Rocha, R. S., Voltolini, T. V., & Gava, C. A. T., 2017. Características produtivas e estruturais de genótipos de palma forrageira irrigada em diferentes intervalos de corte. Archivos de zootecnia, 66, 365-373.
- Rodrigues, R. S. S., Fernandes, L. L., Blanco, C. J. C., Teixeira, L. C. G. M., & Bittencourt, G. M., 2020. Abordagem sobre o comportamento do iqa a partir da degradação dos recursos hídricos na amazônia. Revista aidis, 13, 885-904. <https://doi.org/10.22201/iingen.0718378xe.2020.13.3.67814>

- Rogério, M., Fernandes, F., Pompeu, R., Guedes, F., Alves, A., de Carvalho, W. F., ... & MEMÓRIA, H. D. Q., 2020. Potencial forrageiro da vegetação nativa da Caatinga para o pastejo de ovinos. Embrapa Caprinos e Ovinos-Documents (INFOTECA-E).
- Salvador, K. R. S., Jardim, A. M. da R. F., Araújo Júnior, G. do N., Alves, C. P., Pinheiro, A. G., Pereira, R. C. G., Souza, L. S. B. de, & Silva, T. G. F., 2021. Intensificação de sistemas de produção de palma forrageira por meio de consorciação rotativa com gramíneas, leguminosas e oleaginosas: uma revisão. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 14, 2369–2390.
- Santana, M. O. 2007. Atlas das áreas susceptíveis à desertificação do Brasil. Brasília: MMA/SRH/UFPA.
- 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., 2020. Crescimento da palma forrageira sob estresse salino e diferentes lâminas de irrigação. *Revista Craibeiras de Agroecologia*, 5, 9452.
- Santos, T. S.; Castro, A. A.; Silva, A. R. Queiroz, D. É.; Silva, T. G. F., 2017. Projeção da suscetibilidade a desertificação em Pernambuco utilizando o modelo HADGEM-ES (Projection of susceptibility to desertification in Pernambuco using the HADGEM-ES model). *Revista Brasileira de Geografia Física*. 10. 1170-1179.
- Silva, C. C. F.; Santos, L. C. 2006. Palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill.) como alternativa na alimentação de ruminantes. *Revista Eletrônica de Veterinária*, 7, 1-13.
- Silva, J. R. I., Jardim, A. M. R. F., de Souza, E. S., Barros Junior, G., Leite, M. L. M. V., Souza, R., Antonino, A. C. D., 2020a. Inter-relação de técnica de manejo de água e solo aplicadas a cultura do milho: uma revisão. *Research, Society and Development*, 9(7), e569974503. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i7.4503>
- Silva, E. C. B., Lima, J. R., Antonino, A. C. D., Melo, A. A. S. de, Souza, E. S. de, Souza, R. M. S., Oliveira, C. L. de, & Silva, V. P. da., 2020b. Efeito da Irrigação Suplementar na Produtividade e Eficiência no Uso de Água da Palma Forrageira. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 06, 2744–2759.
- Silva, M. V., Pandorfi, H., Jardim, A. M. R. F., Oliveira-Júnior, J. F., Divincula, J. S., Giongo, P. R., & Lopes, P. M. O., 2021a. Spatial modeling of rainfall patterns and groundwater on the coast of northeastern Brazil. *Urban Climate*, 38, 100911. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2021.100911>
- Silva, M. V., Pandorfi, H., Almeida, G. L. P., de Lima, R. P., Santos A., Jardim, A. M. R. F., da Silva, D.C., 2021b. Spatio-temporal monitoring of soil and plant indicators under forage cactus cultivation by geoprocessing in Brazilian semi-arid region. *Journal of South American Earth Sciences* 107, 103-155.
- Silva, T. G. F., Primo, J. T. A., de Moraes, J. E. F., da Silva Diniz, W. J., de Souza, C. A. A., & da Conceição Silva, M., 2015. Crescimento e produtividade de clones de palma forrageira no semiárido e relações com variáveis meteorológicas. *Revista Caatinga*, 28, 10-18.
- 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., 2014. Indicadores de eficiência do uso da água e de nutrientes de clones de palma forrageira em condições de sequeiro no Semiárido brasileiro. *Bragantia*, 73, 184-191.
- Simões, W. L., Calgaro, M., Guimarães, M. J., Oliveira, A. R. D., & Pinheiro, M. P. M. A., 2018. Sugarcane crops with controlled water deficit in the Sub-Middle São Francisco Valley, Brazil. *Revista Caatinga*, 31, 963-971.
- Simões, W. L., Oliveira, A. R., Salviano, A. M., Silva, J. S., Calgaro, M., & Guimarães, M. J. M., 2021. Efficient irrigation management in sugarcane cultivation in saline soil TT - Manejo eficiente da irrigação em cultivo de cana-de-açúcar em solo salino. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 25, 626–632. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v25n9p626-632>
- Sombra, K. E. S., Costa, A. C., Loureiro, F. L. C., & do Nascimento Uchôa, C., 2018. A citricultura como instrumento de preservação da agricultura familiar no semiárido cearense, Brasil. *Revista de Extensão e Estudos Rurais*, 7, 353-372.
- Souza Filho, P. F., Ribeiro, V. T., dos Santos, E. S., & de Macedo, G. R., 2016. Simultaneous saccharification and fermentation of cactus pear biomass—evaluation of using different pretreatments. *Industrial Crops and Products*, 89, 425-433.
- Streck, N. A., & Alberto, C. M., 2006. Estudo numérico do impacto da mudança climática sobre o rendimento de trigo, soja e milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 41, 1351-1359.
- Taiz, L., Zeiger, E., Møller, I. M., & Murphy, A., 2017. *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. Artmed Editora.

- Takasago, M., da Cunha, C. A., & Olivier, A. K. G., 2017. Relevância da agropecuária brasileira: uma análise insumo-produto. *Revista Espacios*, 38, 1-31.
- Vasconcelos, A. L. S., Pires, I. C., Ferrão, G. E., & NETO, M. S., 2019. Agricultura e gases de efeito estufa-estudos de casos no Brasil. *Revista Trópica: Ciências Agrárias e Biológicas*, 10.
- Vieira, E. L., de Souza, G. S., dos Santos, A. R., & dos Santos Silva, J., 2010. Manual de fisiologia vegetal. edufma.
- Vieira, E.L.; Batista, A.M.; Mustafa, A.F.; Araújo, R.F.S.; Soares, P.C.; Ortolane, E.L.; Mori, C.K., 2008. Effects of feeding high levels of cactus (*Opuntia ficus-indica* Mill) cladodes on urinary output and electrolyte excretion in goats. *Livestock science*, 114, 354-357.
- Vieira, V. P. P. B., 2002. Sustentabilidade do semiárido brasileiro: desafios e perspectivas. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 7, 105-112.
- Wang, Q., Huo, Z., Zhang, L., Wang, J., & Zhao, Y., 2016. Impact of saline water irrigation on water use efficiency and soil salt accumulation for spring maize in arid regions of China. *Agricultural Water Management*, 163, 125-138.
- Xue, J., Gui, D., Lei, J., Sun, H., Zeng, F., Mao, D., ... & Liu, Y., 2019. Oasification: An unable evasive process in fighting against desertification for the sustainable development of arid and semiarid regions of China. *Catena*, 179, 197-209.
- Zhang, H., & Flottmann, S., 2018. Source-sink manipulations indicate seed yield in canola is limited by source availability. *European Journal of Agronomy*, 96, 70-76.