

PALMA FORRAGEIRA NO CENÁRIO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS E ESCASSEZ DE ÁGUA NO SEMIÁRIDO

Rener Luciano de Souza Ferraz¹; Patrícia da Silva Costa²; Franklin Alves dos Anjos³; Newcélia Paiva Barreto²; Amanda Costa Campos²

¹Doutorando em Engenharia Agrícola (Irrigação e Drenagem) pela Universidade Federal de Campina Grande, ferragroestat@gmail.com; ²Mestranda em Zootecnia pela Universidade Federal de Campina Grande, pathy_16costa@hotmail.com, newcelia.barreto@bol.com.br, amandacampos02@hotmail.com; ³Professor do Ensino Básico, Técnico e Tecnológico do Instituto Federal de Alagoa, franklin.anjos19@gmail.com

Resumo: É imprescindível que o homem se adapte as eminentes mudanças climáticas. Assim, objetivou-se pontuar o estado da arte acerca das implicações das mudanças climáticas e escassez hídrica na cultura da palma forrageira em regiões de clima semiárido. Para tanto, utilizou-se de revisão sistemática e narrativa. Verificou-se que o desenvolvimento de pesquisas relacionadas ao tema é pertinente, haja vista que a literatura reúne expressivo número de publicações evidenciando lacunas a serem estudadas. Conclui-se que a palma forrageira é uma cultura estratégica para cultivo no semiárido, sobretudo pela sua expressiva capacidade adaptativa, por meio de ativação de mecanismos de defesa contra variações bruscas na temperatura, concentração atmosférica de CO₂, radiação fotossinteticamente ativa e disponibilidade hídrica do solo.

Palavras-chave: *Opuntia ficus indica*, meio ambiente, temperatura, demanda hídrica, bibliometria.

FORAGE PALM IN THE CLIMATE CHANGE SCENARIO AND WATER SHORTAGE IN THE SEMI-ARID

Abstract: It is imperative that man adapts to the eminent climatic changes. The objective of this study was to assess the state of the art on the implications of climate change and water scarcity on forage palm crop in semi-arid regions. For that, we used a systematic and narrative review. It was verified that the development of research related to the theme is pertinent, given that the literature brings together a significant number of publications evidenced gaps to be studied. It is concluded that forage palm is a strategic crop for semi-arid cultivation, mainly because of its expressive adaptive capacity, through the activation of defense mechanisms against sudden variations in temperature, CO₂ atmospheric concentration, photosynthetic active radiation and soil water availability.

Keywords: *Opuntia ficus indica*, environment, temperature, water demand, bibliometry.

Introdução

Desde tempos longínquos, os agricultores têm buscado estratégias para convivência com as adversidades do ambiente. Conhecer os fatores que influenciam a tomada de decisões do homem do campo no que tange à adoção de estratégias de adaptação às mudanças climáticas é primordial para



incremento de produtividade nos agroecossistemas. Esta compreensão norteia as políticas públicas e evidencia um vasto campo de atuação para a comunidade científica (Khanal et al., 2018).

É importante ressaltar que diferentes aspectos relacionados às mudanças climáticas, como o aumento da temperatura, a redução do regime de chuvas e a maior concentração atmosférica de CO₂, têm diferentes efeitos nos rendimentos das culturas. Neste contexto, o emprego de modelos de previsão de rendimento das culturas consiste em uma estratégia promissora para a estimativa de produtividade em cenários futuros de alterações do clima (Dixit et al., 2018).

É fato que as mudanças climáticas afetam a distribuição espacial e temporal das chuvas, podendo causar déficit hídrico às culturas. Acrescente-se que o aumento populacional e consequente demanda por maiores quantidades de alimento tendem a impulsionar maior consumo de recursos hídricos (Dell'Angelo et al., 2018). Este cenário tem aumentado a pressão por fontes hídricas alternativas, denotando o potencial de águas residuárias para uso na irrigação (Tan et al., 2018).

A palma forrageira (*Opuntia ficus indica* (L.) Mill.) constitui-se em importante fonte de proteínas, minerais, gorduras, carboidratos, fibras, energia e ácidos graxos, com elevada capacidade antioxidante (Santiago et al., 2018). Esta planta também pode ser utilizada para fins medicinais (Pawar et al., 2017), matéria-prima na fabricação de cosméticos e fármacos, além de ser largamente empregada para tratamento de águas residuárias (Jayalakshmi et al., 2017; Rachdi et al., 2017).

A palma forrageira é um cacto adaptado às condições edafoclimáticas do semiárido, notadamente em virtude de seu mecanismo morfofisiológico CAM (metabolismo ácido das crassuláceas), o que lhe confere maior eficiência na utilização de CO₂ e água (Pereira et al., 2017). O conhecimento da dinâmica de água no solo auxilia a tomada de decisões acerca do suprimento hídrico da palma, justificando o desenvolvimento de pesquisas com palma forrageira irrigada (Morais et al., 2017).

Objetivou-se com este trabalho utilizar revisão sistemática e narrativa a partir de bases de dados para pontuar o estado da arte acerca das implicações das mudanças climáticas e escassez hídrica na cultura da palma forrageira em regiões de clima semiárido.

Metodologia

Para a realização desta pesquisa, utilizou-se de revisão sistemática e narrativa (Rother, 2007). Para tanto, foi realizada busca sistemática nas bases de dados: Google Acadêmico, Scielo, Science Direct, Scopus, Springer Link e Wiley Online Library, no dia 26 de agosto de 2017. Foram utilizados os termos de busca "Opuntia ficus indica" AND "water deficit"; "Opuntia ficus indica" AND "déficit hídrico"; "Opuntia ficus indica" AND "climate changes" e "Opuntia ficus indica" AND "mudanças climáticas". O operador booleano "AND" foi utilizado visando a obtenção de



artigos que continham os dois termos entre aspas simultaneamente no mesmo artigo, considerando título, resumo e palavras chave. Os dados obtidos foram dispostos em planilha eletrônica e submetidos à análise estatística descritiva.

Os artigos com temática pertinente para explicação das implicações das mudanças climáticas e escassez hídrica sobre a palma forrageira, bem como os mecanismos envolvidos nas respostas desta planta foram minuciosamente examinados e descritos na forma revisão narrativa.

Resultados e Discussão

Relevância da pesquisa

Os resultados para relevância da pesquisa, obtidos a partir da combinação de termos de busca nas bases de dados estão representados na Figura 1.

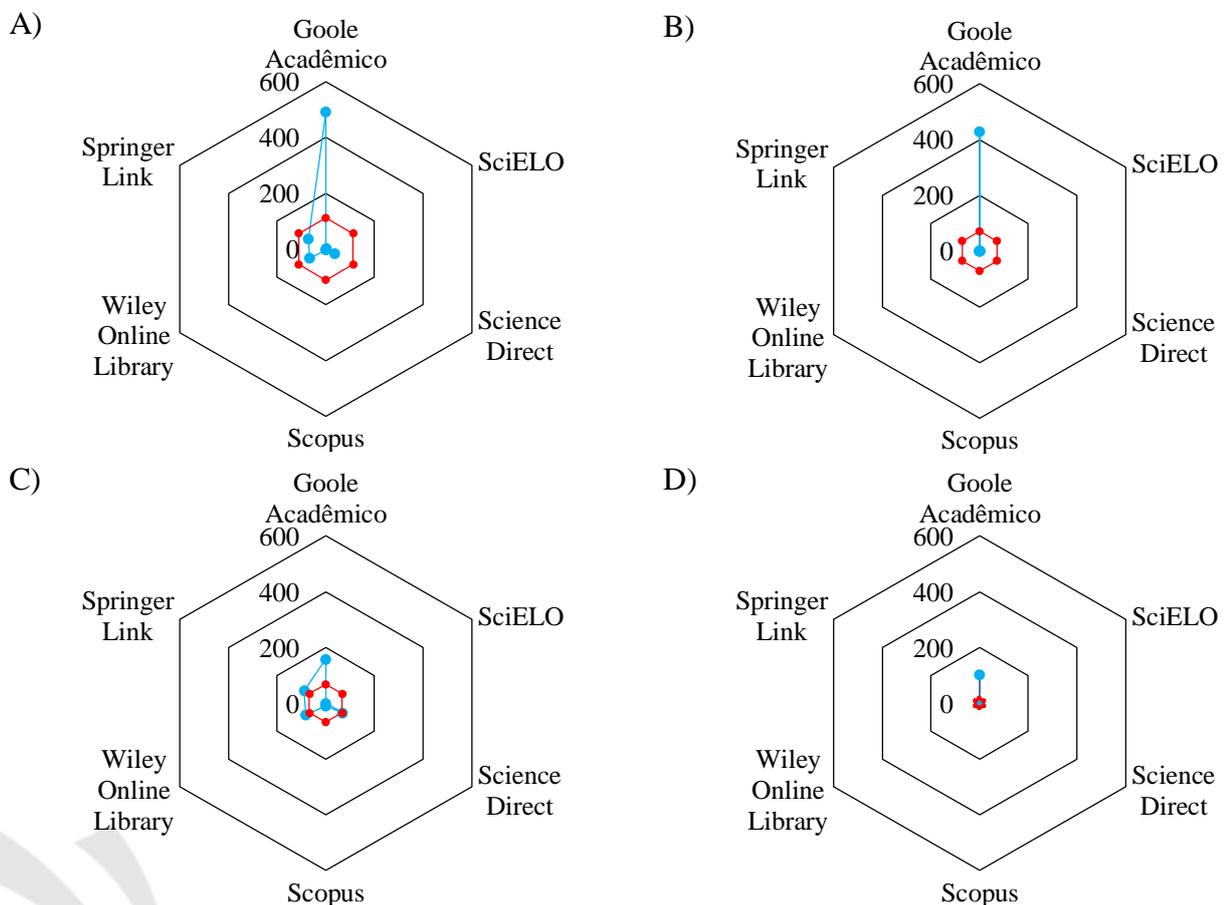


Figura 1. Número de artigos em função das bases de dados para os termos de busca "*Opuntia ficus indica*" AND "water deficit" (A); "*Opuntia ficus indica*" AND "déficit hídrico" (B); "*Opuntia ficus indica*" AND "climate changes" (C) e "*Opuntia ficus indica*" AND "mudanças climáticas" (D). Linha azul (-●-) representa artigos por base e linha vermelha (-●-) média de artigos em todas as bases.

A expressiva quantidade de documentos publicados denota a relevância da pesquisa proposta. A literatura pertinente ao tema abordado possui maior abundância de publicações relacionando a palma forrageira ao déficit hídrico, embora seja vasta com relação às mudanças climáticas. Os resultados encontrados indicam que o Google Acadêmico retorna quantidade expressiva de documentos relacionados aos termos de busca, tanto em língua inglesa quanto portuguesa, possivelmente por recuperar os documentos contidos nas demais bases. Para buscas eficientes nas demais bases de dados, é preciso que os termos sejam inseridos em língua inglesa.

Palma forrageira e mudanças climáticas

Os impactos negativos das mudanças climáticas podem influenciar a segurança alimentar da população mundial em expansão, sobretudo pelo aumento de temperatura e concentração atmosférica de CO₂. Neste contexto, o cultivo de plantas com metabolismo ácido crassuláceo (CAM), e.g. *Opuntia ficus indica*, é uma alternativa sustentável para produção de biomassa, notadamente por possuírem elevada eficiência no uso da água (WUE) e resiliência às mudanças climáticas (Owen et al., 2016).

As plantas de *O. ficus* evoluíram para melhor adaptação aos ecossistemas áridos e semiáridos, com ênfase para suportarem a má distribuição espacial e temporal das chuvas. Estas plantas abrem os estômatos e capturam CO₂ durante a noite, quando a temperatura está baixa, reduzindo a transpiração e aumentando a WUE. O tecido parenquimático de armazenamento de água da palma forrageira associado à elevada condutividade hidráulica de suas raízes faz com que a planta seja eficiente em absorver e armazenar água em período de pouca disponibilidade (Borland et al., 2014).

As prospecções para palma forrageira, obtidas por meio de simulações climáticas para o ano de 2070, indicam que a cultura tem elevado potencial para aumentar o rendimento de biomassa, o que se justifica pela possibilidade de aumento de 10% na assimilação de CO₂ em decorrência de sua capacidade de utilizar pequenas quantidades de água disponível no solo e possuir baixa sensibilidade a variações extremas de temperatura (Owen et al., 2016).

Palma forrageira e escassez hídrica

O déficit hídrico reduz o crescimento da palma forrageira. Em regiões com precipitação pluvial inferior a 368 mm há necessidade de irrigação para que a cultura expresse maior potencial produtivo (Pereira et al., 2015). Embora *O. ficus* seja adaptada às condições de semiárido, ocorrem expressivas reduções em seu aparato fotoquímico sob restrição de água no solo. De fato, no clorênquima ocorre reduções de 42, 34 e 31% nas clorofilas total *a e b*, enquanto que no parênquima as reduções destes pigmentos são de 39, 36 e 26%, respectivamente. A atividade da



enzima fosfoenolpiruvato carboxilase (PEP) é reduzida em 19% no clorênquima e 60% no parênquima. O transporte de elétrons fotossintéticos é reduzido em 29% no clorênquima e aumenta em 150% no parênquima. Eficiência quântica do fotossistema II é reduzida tanto no parênquima quanto no clorênquima (Becerril & Valdivia, 2006).

A atividade do sistema antioxidante da palma forrageira aumenta sob condições de escassez de água no solo. Isso ocorre devido aos incrementos de metabólitos, como ácidos fenólicos e flavonoides, além da atividade da enzima fenilalanina amônia-liase (Camarena-Rangel et al., 2017). É importante ressaltar que, sob irrigação, a palma forrageira pode modificar seu metabolismo para CAM-facultativa. Salienta-se que os mecanismos pelos quais ocorre esta mudança de metabolismo são pouco compreendidos. No entanto, questiona-se a eficiência de tal mudança metabólica em virtude desta alteração ocorrer em curto intervalo de tempo e pouco contribuir para o acúmulo de carbono, havendo necessidade de retomada do metabolismo CAM (Herrera, 2009).

Conclusões

O desenvolvimento de pesquisas relacionadas à palma forrageira em cenários de mudanças climáticas e escassez hídrica é pertinente, haja vista que a literatura reúne expressivo número de publicações sobre o tema, onde são evidenciadas inúmeras lacunas a serem estudadas.

A palma forrageira é uma cultura estratégica para cultivo no semiárido, sobretudo pela sua expressiva capacidade adaptativa, por meio de ativação de mecanismos de defesa contra variações bruscas na temperatura, concentração atmosférica de CO₂, radiação fotossinteticamente ativa e disponibilidade hídrica do solo.

Referências Bibliográficas

- BECERRIL, G. A.; VALDIVIA, C. B. P. Alteraciones fisiológicas provocadas por sequía en nopal (*Opuntia ficus-indica*). **Revista Fitotecnia Mexicana**, v. 29, n. 3, p. 231-237, 2006.
- BORLAND, A. M.; WULLSCHLEGER, S. D.; WESTON, D. J.; HARTWELL, J.; TUSKAN, G. A.; YANG, X.; CUSHMAN, J. C. Climate-resilient agroforestry: physiological responses to climate change and engineering of crassulacean acid metabolism (CAM) as a mitigation strategy. **Plant, Cell & Environment**, v. 38, n. 9, p. 1833-1849, 2014.
- CAMARENA-RANGEL, N. G.; ROSA, A. P. B. D. L.; HERRERA-CORREDOR, J. A.; SANTOS-DÍAZ, M. D. S. Enhanced production of metabolites by elicitation in *Opuntia ficus-indica*, *Opuntia megacantha*, and *Opuntia streptacantha callus*. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture**, v. 129, n. 2, p. 289-298, 2017.
- DELL'ANGELO, J.; RULLI, M. C.; D'ODORICO, P. The Global Water Grabbing Syndrome. **Ecological Economics**, v. 143, p. 276-285, 2018.
- DIXIT, P. N.; TELLEIRA, R.; KHATIB, A. N. A.; ALLOUZI, S. F. Decadal analysis of impact of future climate on wheat production in dry Mediterranean environment: A case of Jordan. **Science of The Total Environment**, v. 610, p. 219-233, 2018.

- HERRERA, A. Crassulacean acid metabolism and fitness under water deficit stress: if not for carbon gain, what is facultative CAM good for? **Annals of Botany**, v. 103, n. 4, p. 645-653, 2009.
- JAYALAKSHMI, G.; SARITHA, V.; DWARAPUREDDI, B. K. A Review on Native Plant Based Coagulants for Water Purification. **International Journal of Applied Environmental Sciences**, v. 12, n. 3, p. 469-487, 2017.
- KHANAL, U.; WILSON, C.; HOANG, V. N.; LEE, B. Farmers' Adaptation to Climate Change, Its Determinants and Impacts on Rice Yield in Nepal. **Ecological Economics**, v. 144, p. 139-147, 2018.
- MORAIS, J. E. F. de; SILVA, T. G. F. da; QUEIROZ, M. G. de; ARAUJO, G. G. L. de; MOURA, M. S. B.; ARAÚJO JÚNIOR, G. do 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.
- OWEN, N. A.; FAHY, K. F.; GRIFFITHS, H. Crassulacean acid metabolism (CAM) offers sustainable bioenergy production and resilience to climate change. **Global Change Biology Bioenergy**, v. 8, n. 4, p. 737-749, 2016.
- PAWAR, A. V.; KILLEDAR, S. G.; DHURI, V. G. Opuntia: Medicinal Plant. **International Journal of Advance Research, Ideas and Innovations in Technology**, v. 3, n. 2, p. 148-154, 2017.
- PEREIRA, P. de C.; SILVA, T. G. F. da; ZOLNIER, S.; MORAIS, J. E. F. de; SANTOS, D. C. dos. Morfogênese da palma forrageira irrigada por gotejamento. **Revista Caatinga**, v. 28, n. 3, p. 184-195, 2015.
- PEREIRA, P. de C.; SILVA, T. G. F. da; ZOLNIER, S.; SILVA, S. M. S.; SILVA, M. J. da. WATER BALANCE IN SOIL CULTIVATED WITH FORAGE CACTUS CLONES UNDER IRRIGATION. **Revista Caatinga**, v. 30, n. 3, p. 776-785, 2017.
- RACHDI, R.; SRARFI, F.; SHIMI, N. S. Cactus *Opuntia* as natural flocculant for urban wastewater treatment. **Water Science & Technology**, v. 76, n. 4, 2017.
- ROTHER, E. T. Revisão Sistemática X Revisão Narrativa. **Acta Paulista de Enfermagem**, v. 20, n. 2, 2007.
- SANTIAGO, E. D.; DOMÍNGUEZ-FERNÁNDEZ, M.; CID, C.; PEÑA, M. P. D. Impact of cooking process on nutritional composition and antioxidants of cactus cladodes (*Opuntia ficus-indica*). **Food Chemistry**, v. 240, p. 1055-1062, 2018.
- TAN, W.; ZHANG, Y.; XI, B.; HE, X.; GAO, R.; HUANG, C.; ZHANG, H.; LI, D.; ZHAO, X.; LI, M.; LI, L.; JIANG, J.; WANG, G. Discrepant responses of the electron transfer capacity of soil humic substances to irrigations with wastewaters from different sources. **Science of the Total Environment**, v. 610, p. 333-341, 2018.