

Aptidão do Nordeste Brasileiro ao Cultivo da Palma Forrageira sob Cenários de Mudanças Climáticas

Magna Soelma Beserra de Moura¹; Luciana Sandra Bastos de Souza²; Ivan Ighour Silva Sá³; Thieres George Freire da Silva⁴

Resumo

Espécies forrageiras adaptadas ao clima semiárido e que apresentem elevada produção de biomassa, como a palma forrageira, são de grande importância para alimentação dos rebanhos no Nordeste brasileiro. Entretanto, apesar de sua importância, as mudanças climáticas globais podem trazer incertezas quanto às potenciais áreas aptas para seu cultivo. Assim, o objetivo deste trabalho foi identificar as alterações nas áreas de aptidão do Nordeste para o cultivo da palma forrageira (*Opuntia* sp.) frente aos cenários futuros de mudanças climáticas. Para isso foram utilizadas faixas climáticas de aptidão da palma forrageira com base na amplitude térmica e índice de umidade, associadas aos dados históricos de precipitação pluvial e aos valores projetados da temperatura do ar para cenários pessimista (A2) e otimista (B2) de mudança climática, centrados nos anos de 2070, 2080, 2090 e 2100. Poderá haver aumento nas áreas aptas à produção de palma forrageira, que poderão ser de aproximadamente 388.129 km² no cenário otimista e cerca de 472.494 km² no cenário pessimista, enquanto atualmente, essa área é de 80.358 km². Com isso, no que se refere aos aspectos climáticos de aumento da temperatura do ar, a palma forrageira poderá ter sua área apta de cultivo ampliada, podendo consolidar-se como importante forrageira no Nordeste brasileiro.

Palavras-chave: aquecimento global, zoneamento climático, *Opuntia* sp.

Introdução

As cactáceas do gênero *Opuntia* são originárias do México, mas atualmente suas espécies se encontram em diversas regiões do mundo, especialmente em áreas áridas e semiáridas, constituindo-se uma importante alternativa tanto para alimentação humana como animal. No Brasil, existem cerca de 500.000 ha cultivados com a palma, os quais têm sido utilizados quase que exclusivamente com a finalidade de alimentar rebanhos caprinos, ovinos e bovinos em épocas de secas prolongadas (SANTOS et al., 2006). O Nordeste brasileiro apresenta importante rebanho, principalmente de caprinos e ovinos, que representam, respectivamente, 91,3% e 57,2% do efetivo do país; enquanto o rebanho bovino é composto por 28 milhões de animais, que equivale a 14,3% do rebanho nacional (SILVA et al., 2010). Dessa forma, alimentar todo

¹ Pesquisadora da Embrapa Semiárido – Agrometeorologia, BR 428, Km 152, CP 23, Zona Rural, CEP 56302-970, Petrolina, PE. magna@cpatsa.embrapa.br.

² Doutoranda em Meteorologia, Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Meteorologia Agrícola, Viçosa, MG.

³ Professor Substituto, Universidade Federal do Vale do São Francisco, Colegiado de Engenharia Agrônômica, Petrolina, PE.

⁴ Professor Adjunto, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, Serra Talhada, PE.

esse rebanho requer produção de forragem ao longo do ano, o que se torna difícil quando as precipitações se concentram em 3-4 meses. Por outro lado, espécies forrageiras adaptadas ao clima semiárido, que predomina na maior parte do Nordeste brasileiro, e que apresentam elevada produção de biomassa, como a palma, se destacam na alimentação dos rebanhos. Entretanto, apesar de sua importância, as mudanças climáticas globais podem trazer incertezas quanto às potenciais áreas aptas para a produção de palma.

As projeções do último relatório do *Intergovernmental Panel of Climate Change* (IPCC) indicam que a concentração de CO₂ na atmosfera poderá atingir 720 μmol mol⁻¹ até meados desse século, resultando em um aumento da temperatura global e alterações nos padrões de precipitação em várias partes do planeta (IPCC, 2007). De acordo com esse relatório, no Brasil, o semiárido do Nordeste será uma das áreas mais afetadas pelas mudanças climáticas globais, com implicações sobre as culturas agrícolas, os recursos hídricos, a biodiversidade do Bioma Caatinga e o processo de desertificação, dentre outros, resultando na necessidade de ações urgentes de adaptação e mitigação para minimizar seus efeitos sobre a população.

Estudos indicam que a palma forrageira é uma espécie que poderá se destacar em termos de produtividade diante dos cenários futuros que preveem o aquecimento global, pois a mesma tem aptidão para ser cultivada em regiões com elevados valores de temperatura média do ar, apresentando aumento no crescimento radicular sob temperatura do ar mais elevada e resposta positiva na produção de forragem com a elevação da concentração de CO₂ (DRENNAN; NOBEL, 1998; NOBEL, 1996). Segundo Nefzaoui e Mourid (2009), a palma é uma cultura que pode crescer em solos degradados, inadequados para outras espécies, e é altamente resistente ao déficit hídrico, destacando-se como uma importante alternativa para o plantio diante dos cenários de mudanças climáticas. Entretanto, para os cenários climáticos previstos para o Nordeste brasileiro, ainda não existem informações sobre como as áreas de produção de palma poderão ser afetadas. Nos Estados Unidos, poderá haver um aumento de 46% na área apta para cultivo da palma, acompanhada de uma produtividade 30% mais elevada para as condições climáticas ocasionadas pelo dobro da concentração de CO₂ (NOBEL, 1996). De acordo com North et al. (1995), quando a palma forrageira foi submetida ao dobro (750 μl litro⁻¹) da atual concentração de CO₂, suas raquetes amadureceram mais rápido, apesar de não haver aumento em seu tamanho final. Isso pode resultar em aumento da produção de biomassa por acelerar a formação dos cladódios secundários. Além disso, diferenças estruturais na epiderme, nos estômatos e no clorequima podem promover maior eficiência de uso da água da palma sob condições de aumento da concentração de CO₂ por reduzir a perda de água e por aumentar o volume de tecidos capazes de promover a fixação de CO₂ e o armazenamento de produtos fotossintéticos.

Assim, o objetivo deste trabalho foi identificar as alterações nas áreas de aptidão do Nordeste brasileiro para o cultivo da palma forrageira (*Opuntia* sp.) frente aos cenários futuros de mudanças climáticas.

Material e Métodos

Este trabalho foi realizado para a região Nordeste do Brasil, onde se insere a maior parte do Semiárido brasileiro, que apresenta forte insolação (2.800 horas ano⁻¹), temperaturas relativamente elevadas (de 23 °C a 27 °C) e regime de chuvas marcado pela escassez, irregularidade e concentração das precipitações (<

800 mm) em curto período de tempo (de três a quatro meses). A maior parte da população do Semiárido brasileiro está vinculada a atividades agropecuárias, que são altamente dependentes dos recursos naturais, principalmente das condições climáticas.

Foram utilizados os dados de projeções mensais de temperatura do ar máxima e mínima oriundos do modelo regionalizado PRECIS (*Providing Regional Climates for Impact Studies*), simulado para os cenários A2 (cenário pessimista, de alta emissão de CO₂, que estima um aumento de temperatura entre 2 °C e 5,4 °C até 2100) e B2 (cenário otimista, de baixa emissão de CO₂, com previsão de aumento de temperatura entre 1,4 °C e 3,8° C) do IPCC, disponibilizados pelo Instituto Nacional de Pesquisa Espaciais (INPE), com uma resolução espacial de 50 km x 50 km, correspondentes aos anos 2070, 2080, 2090 e 2100. Devido às inconsistências dos diversos modelos do IPCC na geração dos dados de precipitação para a maior parte do Nordeste brasileiro nos meses onde ocorrem os maiores totais de precipitação no interior da região, neste estudo foram utilizados os totais mensais de chuva medidos nos postos pluviométricos da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) e do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), distribuídos na área de estudo, sem considerar variações nos totais e na distribuição da precipitação para os cenários futuros. Os dados de chuva e temperatura (máxima e mínima) da climatologia equivalem às médias dos períodos de 1961 a 1990, disponibilizados pelas estações da SUDENE e do INMET. Para os postos onde não há registros de temperatura, utilizou-se a proposta de estimativa de Medeiros et al. (2005).

Os dados mensais futuros do PRECIS foram espacializados para a área de estudo e extraídos os valores correspondentes aos pontos (latitude e longitude) da grade de dados de precipitação. Assim, com os dados mensais de chuva e temperatura, foi processado o balanço hídrico climatológico (THORNTHWARTE; MATHER, 1955), considerando a retenção de água no solo igual a 100 mm, para cada ponto de grade, de cada cenário (A2 e B2) e também para cada período estudado (Atual, 2070, 2080, 2090 e 2100). Após processamento do balanço hídrico, foram espacializados os valores de índice de umidade (Im) e da amplitude térmica de cada cenário.

As faixas climáticas (ideais, restritas e inadequadas) para a palma forrageira foram estabelecidas por Souza et al. (2008). Os valores ideais de temperatura média para o cultivo da palma variam entre 16,1 °C e 25,4 °C, as temperaturas máximas e mínimas, entre 28,5 °C e 31,5 °C e 8,6 °C e 20,4 °C, respectivamente; enquanto a faixa ideal de amplitude térmica (A) fica entre 10 °C e 17,2 °C e a precipitação ideal ao cultivo e boa produção da *Opuntia* sp. situa-se entre 368,4 mm e 812,4 mm. Além disso, estes mesmos autores propuseram os limites ideais do índice de umidade resultante do balanço hídrico entre -65,6 e -31,8. Considerando que o índice de umidade (Iu) e a amplitude (A) contemplam os indicadores hídricos e térmicos, os mapas anuais desses parâmetros foram selecionados e as informações espacializadas de ambos foram cruzadas, gerando um novo mapa no qual foram delimitadas as áreas inseridas nas classes de aptidão ao cultivo da palma forrageira.

Foram utilizadas as ferramentas de análise geoestatística (Geostatistical Analyst) e de modelagem (Model Builder) do Sistema de Informações Geográficas (SIG) ArcGIS 9.3 para espacialização dos dados por meio do método de Krigagem Ordinária e cruzamento das informações para obtenção do zoneamento final, assim como para elaboração dos mapas.

Resultados e Discussão

Poderá haver um incremento nas áreas de produção ótimas ao desenvolvimento da palma forrageira na área de estudo quando se comparam os anos estudados (2070, 2080, 2090 e 2100) com o período atual (representado pela climatologia de 1961 a 1990), tanto para o cenário com baixas emissões de CO₂ (B2) quanto para o cenário com altas emissões (A2). Na Figura 1 nota-se que na parte central da Região Nordeste poderá haver uma redução nas áreas aptas, que passarão a apresentar aptidão restrita; percebe-se ainda que nos anos futuros continua a existir uma grande faixa litorânea com aptidão restrita, e que mesmo assim, houve uma redução na área inadequada desse setor, ou seja, houve também aumento na área apta (Figura 1). Ademais, no mapa atual pode haver várias áreas com microclimas no interior da região onde existe o cultivo da palma e estas podem ser evidenciadas no mapa.

Os cenários de mudanças climáticas utilizados neste trabalho estão refletidos nos resultados do balanço hídrico climatológico e no índice efetivo de umidade, que juntamente com a amplitude térmica são utilizados na delimitação de áreas potenciais para o cultivo da palma forrageira. Os dados futuros para a Região Nordeste do Brasil apresentam valores da temperatura média iguais a 30,29 °C e 28,96 °C em 2100, respectivamente para os cenários A2 e B2, enquanto a temperatura mínima é 24,03 °C e 22,81 °C e a máxima de 37,62 °C e 36,29 °C. Com isso, os dados futuros da amplitude térmica para o ano de 2100 são de 13,58 °C para ambos os cenários futuros de emissões. Esse aumento da temperatura média proporcionou maiores valores anuais de evapotranspiração real e, dessa forma, menores faixas do índice efetivo de umidade (Im). Com isso, algumas áreas mais úmidas como faixas litorâneas e áreas com maior precipitação, principalmente nas porções Sul e Sudoeste da Bahia, Norte e Oeste do Piauí, Norte do Ceará e o Estado Maranhão, que apresentam-se como inadequadas e/ou restritas no cenário atual, passaram a ser restritas e/ou aptas nos cenários futuros. Este fato foi o principal responsável pelo aumento das áreas aptas ao cultivo da palma forrageira no Nordeste brasileiro.

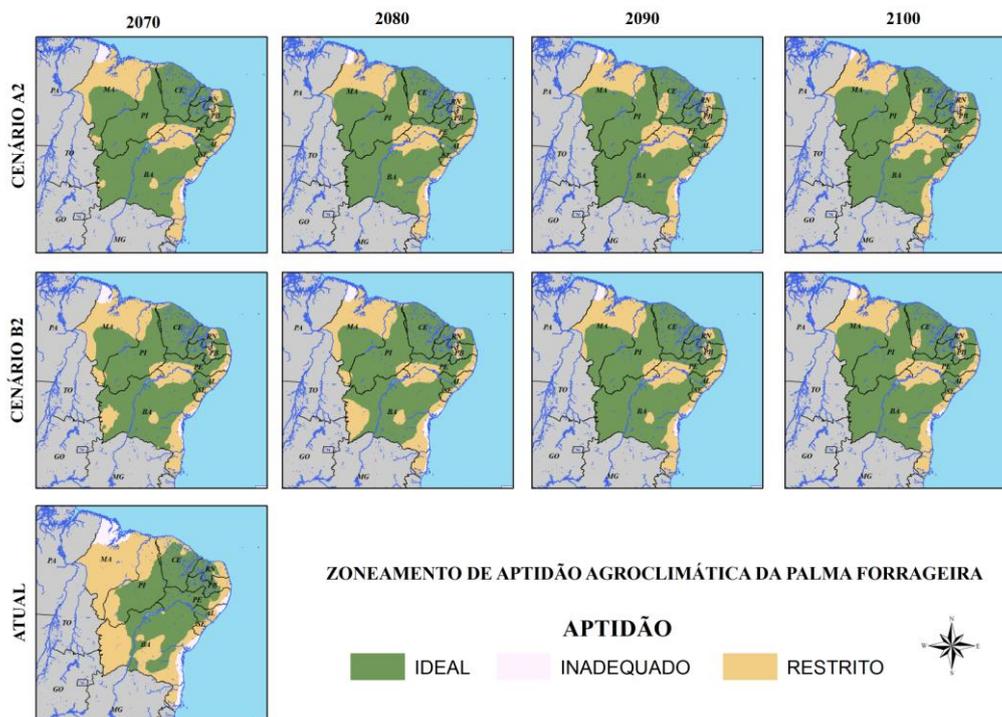


Figura 1. Aptidão agroclimática do Nordeste brasileiro para o cultivo da palma forrageira (*Opuntia* sp.) para o cenário atual e cenários futuros de mudanças climáticas com alta emissão de CO₂ (A2) e otimista (B2) do IPCC

para os anos de 2070, 2080, 2090 e 2100.

Erre et al. (2009) utilizaram metodologia semelhante à do presente estudo, baseada em ferramentas estatísticas e de sistemas de informações geográficas para avaliar a adaptabilidade ambiental da palma nas Ilhas Sardenha, no Mediterrâneo. Estes autores observaram que a presença e a abundância dessa cultura é limitada pela altitude de 800 m; enquanto temperaturas inferiores a 2 °C limitam a distribuição natural da palma, a variação na precipitação não afeta sua distribuição espacial. No caso no Nordeste brasileiro, que apresenta maior área e grande variabilidade espacial da precipitação, há conseqüentemente, grandes variações no extrato do balanço hídrico, que sob aspecto climático, afetam a distribuição espacial da palma forrageira. Salienta-se que alterações na base de dados do clima podem resultar em alterações na distribuição geográfica da aptidão da palma forrageira. Enquanto para a maioria das culturas estudadas por Pinto et al. (2008) há uma redução significativa de área de baixo risco, isso não acontece para a palma, tornando-a ainda mais uma opção de forragem importante para o Nordeste brasileiro.

A Tabela 1 contém um resumo da área de aptidão do Nordeste brasileiro para o cultivo de palma forrageira frente aos cenários A2 e B2 de mudanças climáticas para o ano de 2100. Observa-se que a área potencialmente ideal para o cultivo da palma forrageira poderá aumentar de 697.071,63 km² para 1.092.632,27 km² e 1.067.468,45 km², respectivamente para os cenários B2 e A2, em detrimento de uma redução tanto nas áreas restritas como inadequadas.

Tabela 1. Área de aptidão (km²) do Nordeste brasileiro e Norte de Minas Gerais para o cultivo de palma forrageira (*Opuntia* sp.) considerando-se o cenário climático atual (Baseline) e os cenários futuros pessimista (A2) e otimista (B2) para o ano de 2100.

Cenários climáticos	Área de aptidão da palma forrageira (Km ²)		
	Ideal	Inadequado	Restrito
ATUAL	697.071,63	112.887,30	739.458,23
B2_2100	1.092.632,27	24.156,77	432.627,86
A2_2100	1.067.468,45	11.005,07	470.963,88

Conclusões

A geografia de distribuição espacial das áreas de aptidão climática da palma forrageira poderá ser alterada frente aos cenários futuros de mudança climática, tanto para os cenários de alta como de baixa emissão de gás carbônico. Este estudo não fez abordagem de caráter pedológico, somente climático.

Poderá haver aumento no tamanho da área apta ao cultivo da palma no Nordeste brasileiro, consolidando-a ainda mais como importante opção de forragem para os rebanhos.

A palma forrageira poderá ser uma opção de cultivo frente aos cenários futuros de mudanças climáticas, entretanto, outros aspectos do sistema de produção, como o ataque de pragas, ainda necessita ser investigado, assim como sua resposta produtiva diante do aumento de gás carbônico e temperatura do ar.

Agradecimentos

À Embrapa pelo financiamento do Plano de Ação “Simulação de Cenários Agrícolas Futuros da Palma Forrageira”, por meio do Macroprograma 1 Código 01.07.06.001.07.04.

Referências

DRENNAN, P. M.; NOBEL, P. S. Root growth dependence on soil temperature for *Opuntia ficus-indica*: influences of air temperature and a doubled CO₂ concentration. **Functional Ecology**, London, v. 12, p. 959–964, 1998.

ERRE, P.; CHESSA, I.; NIEDDU, G.; JONES, P.G. Diversity and spatial distribution of *Opuntia* spp. in the Mediterranean Basin. **Journal of Arid Environments**, Amsterdam, v. 73, p. 1.058-1.066, 2009.

PAINEL INTERGOVERNAMENTAL SOBRE MUDANÇA CLIMÁTICA, IPCC. 2007: **Mudança do Clima 2007**: a base das ciências físicas: contribuição do GTI ao Quarto Relatório de Avaliação do IPCC. Paris: OMM: PNUMA, 2007. 25 p.

MEDEIROS, S. S.; CECÍLIO, R. A.; MELO JÚNIOR, J. C. F.; SILVA JÚNIOR, J. L. C. Estimativa e espacialização das normais das temperaturas do ar mínimas, médias e máximas na Região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 2, p. 247-255, 2005.

NEFZAOU, A.; MOURID, M. el. Cacti: A key-stone crop for the development of marginal lands and to combat desertification. **Acta Horticulturæ**, Leuven, n. 811, p. 365-372, 2009. Edição de Proceedings of 6th International Congress on Cactus And Cochineal.

NOBEL, P. S. Responses of some North American CAM plants to freezing temperatures and doubled CO₂ concentrations: implications of global climate change forextending cultivation. **Journal of Arid Environments**, Amsterdam, v. 34, p. 187–196, 1996.

NORTH, G. B.; MOORE, L.; NOBEL, P. S. Cladode development for *Opuntia ficus-indica* (Cactacea) under current and doubled CO₂ concentrations. **American Journal of Botany**, Davis, v. 82, n. 2, p. 159-166, 1995.

PINTO, H. S.; ASSAD, E. D.; ZULLO JÚNIOR, J.; EVANGELISTA, S. R. M.; OTAVIAN, A. F.; ÁVILA, A. M. H. de; EVANGELISTA, B. A.; MARIN, F. R.; MACEDO JÚNIOR, C.; PELLEGRINO, G. Q.; COLTRI, P. P.; CORAL, G. A nova geografia da produção agrícola no Brasil. In: DECONTO, J. G. (Coord.). **Aquecimento global e a nova geografia da produção agrícola no Brasil**. Campinas: Embrapa Informática Agropecuária: Unicamp, 2008. p. 24-71.

SANTOS, D. C.; FARIAS, I.; LIRA, M. A.; SANTOS, M. V. F.; ARRUDA, G. P.; COELHO, R. S. B.; DIAS, F. M.; MELO, J. N.. **Manejo e utilização da palma forrageira (Opuntia e Nopalea) em Pernambuco**. Recife: IPA, 2006. 48 p. (IPA. Documentos, 30).

SILVA, P. C. G.; MOURA, M. S. B. de; KIILL, L. H. P.; BRITO, L. T. de L.; PEREIRA, L. A.; SA, I. B.; CORREIA, R. C.; TEIXEIRA, A. H. de C.; CUNHA, T. J. F.; GUIMARÃES FILHO, C. Caracterização do Semiárido brasileiro: fatores naturais e humanos. In: SÁ, I. B.; SILVA, P. C. G. (Ed.). **Semiárido brasileiro**: pesquisa, desenvolvimento e inovação. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010. cap. 1, p. 18-48.

SOUZA, L. S. B.; MOURA, M. S. B.; SILVA, T. G. F.; SOARES, J. M.; CARMO, J. F. A. do; BRANDÃO, E. O. Indicadores climáticos para o zoneamento agrícola da palma forrageira (*Opuntia* sp.). In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA SEMI-ÁRIDO, 3., 2008, Petrolina. **Anais...** Petrolina: Embrapa Semiárido, 2008. p. 23-28. (Embrapa Semiárido. Documentos, 210). Disponível em: <http://www.cpatsa.embrapa.br:8080/public_eletronica/download.php?indice=3040&seg=5073>. Acesso em: 21 jul. 2011.

THORNTHWARTE, C. W.; MATHER, J. R. The water balance. **Climatology**, Centerton, v. 8, n. 1, p. 1-140, 1955.