

ABORDAGENS DE OTIMIZAÇÃO PARA O PLANEJAMENTO DA CADEIA DE AGROINDUSTRIAL DA PITAYA (*Hylocereus spp*)

Palavras-Chave: Cadeia agroindustrial, Pitaya, Planejamento agrícola, Otimização.

Autores(as):

Fernanda Beatriz Dariolli, FCA - UNICAMP

Prof. Dr. Cleber Damião Rocco (orientador), FCA - UNICAMP

INTRODUÇÃO:

A pitaya, conhecida mundialmente como *Dragon Fruit*, é uma fruta exótica com mais de 1500 espécies nativas das Américas. Possivelmente originada neste continente, distribuídas desde as zonas costeiras até florestas tropicais, o que demonstra a grande adaptabilidade dessa cactácea (Luders e McMahon, 2006). Os seus frutos podem apresentar características diversificadas de acordo com a espécie, no entanto, essa diferenciação é dificultada pelo fato de a coloração dos frutos ser a principal característica analisada (Faleiro; Junqueira, 2021) (Marques, 2010).

No Brasil, a espécie *Hylocereus undatus*, a pitaya de casca vermelha e polpa branca (como ilustrado à esquerda na Figura 1), começou a ser cultivada na década de 1990, especialmente no estado de São Paulo. Na década de 2000, a *Hylocereus polyrhizus* e uma espécie nativa do Cerrado foram também reportadas como pitayas de casca e polpa avermelhadas, como pode ser observado ao centro da Figura 1. Atualmente, estas duas variedades estão disponíveis comercialmente, além da *Selenicereus megalanthus*, com casca amarela e polpa branca, esta última ainda sendo um pouco mais rara no mercado nacional (à direita na Figura 1) (Nunes *et al.*, 2014).

Por sua aparência pouco comum, aliada a facilidade de ocorrência, a pitaya tem despertado interesse em produtores e pesquisadores. O mercado também a enxerga como um ramo promissor, devido ao fato de os frutos terem alto valor agregado e possuírem polpa rica em fibras, compostos antioxidantes, excelentes qualidades digestivas e baixo teor calórico (Faleiro; Junqueira, 2021). O caso do Brasil não é diferente, o Censo Agropecuário de 2017 revelou um cenário positivo para a fruta: com o valor da produção maior que R\$9 milhões de reais, mais de 1.400 toneladas colhidas em 536 hectares, sendo São Paulo o principal estado produtor (Santos, Pio, Faleiro, 2022) (IBGE, 2017).

Figura 1: Variedades de pitayas analisadas no estudo e mais comuns no Brasil.



Fonte: Nguyen *et al.* (2019).

Apesar do aumento significativo da produção anual no Brasil, essa ainda é pequena quando comparada com os maiores produtores mundiais. Atualmente os principais exportadores são os países asiáticos: em primeiro lugar encontra-se o Vietnã, com mais de 600 mil toneladas anuais, seguido da China, com 36 mil toneladas, e Taiwan, com 27 mil toneladas por ano. Estes países possuem climas tropicais e subtropicais, que são ideais para o cultivo da fruta. O clima quente e constante ao longo do ano e os períodos de chuvas bem definidos, auxiliam no desenvolvimento da pitaya (Faleiro, 2022) (Nguyen *et al.*, 2024).

Porém, esses países enfrentam desafios que podem impactar na qualidade e preço do produto, tais como as pragas e doenças, mas principalmente a complexa cadeia logística. Como explica Nguyen *et al.* (2019), o Vietnã possui problemas de escassez de mão-de-obra em épocas de colheita, pouca disponibilidade de informações dentro da cadeia, pouca influência dos produtores no preço da fruta e principalmente um alto custo de transporte, cenário semelhante ao encontrado no Brasil. Por outro lado, os maiores consumidores são Estados Unidos, Alemanha e França, que por conta das limitações de clima, atendem as demandas de seus consumidores a partir de importações (Faleiro, 2022).

Levando em consideração os números apresentados e a perspectiva de crescimento do mercado, o gerenciamento eficaz da cadeia de suprimentos da pitaya se faz necessário. Porém esse estudo é desafiador, visto o grande número de variáveis envolvidas, tais como a produtividade agrícola, a disponibilidade de água, o uso de fertilizantes e defensivos, o manejo da cultura, a elevada perecibilidade do produto, além de preço e demanda, que são altamente sensíveis às condições ambientais e incertezas globais (Nguyen *et al.* 2019). Diante desse cenário, torna-se necessário investigar os principais fatores que impactam a cadeia de suprimentos de pitayas no Brasil para otimizar a gestão e garantir a competitividade da produção nacional.

REVISÃO DA LITERATURA SOBRE A PRODUÇÃO AGRÍCOLA DA PITAYA

Nguyen *et al.* (2024) destacam os desafios de estudar a cadeia de suprimentos de pitayas no Vietnã devido ao grande número de fatores associados, tais como as secas, doenças e a recente pandemia, que impactaram desde a produção até o processamento. O estudo utiliza um modelo de programação estocástica de dois estágios, e considera restrições de recursos e custos de plantio na primeira etapa, e ajusta a capacidade de colheita e envio conforme a flutuação dos preços na segunda, visando maximizar lucros. Os dados de preços (2013-2022) da província de Binh Thuan foram analisados por três abordagens para ajudar produtores a encontrar estratégias adequadas. No entanto, a pesquisa não inclui variáveis aleatórias como demanda e rendimento, e a técnica de previsão utilizada é simplista e de baixa confiabilidade.

Já no contexto brasileiro, Faleiro (2022) apresenta informações sobre a produção de pitayas no país. Utilizando dados do censo agropecuário de 2017, Faleiro (2002) compara a produção nacional com a dos maiores produtores mundiais, evidenciando que a produção brasileira é cerca de 400 vezes menor que a do Vietnã. O autor também avalia o custo de produção e a rentabilidade, estimando que o custo para implantar um hectare de pitaya foi de aproximadamente R\$60 mil em 2021, com os principais gastos sendo os postes de armação e o sistema de irrigação. O retorno do investimento e o lucro significativo podem ser alcançados a partir do terceiro ano, dependendo da produtividade, qualidade dos frutos e preços de comercialização.

Adentrando outras regiões do Brasil, em Santa Catarina a produção de pitaya vem crescendo favorecida pelas condições climáticas e de solo. Junior *et al.* (2023) observam variação no tamanho das terras cultivadas, resultando em diferentes níveis de renda entre os produtores. Durante a safra 2021/2022, 44,5% da produção foi vendida a intermediários, destacando a importância na logística de distribuição. Entretanto, os desafios como baixo preço de venda, pragas, altos custos de insumos, falta de defensivos registrados e escassez de mão de obra afetam os produtores. Em outra região do país, Nunes *et al.* (2014) estudaram a espécie *Hylocereus sp.* na Chapada do Apodi, Ceará, focando em projetos agrícolas diversos, incluindo o projeto DIJA (Distrito de Irrigação Jaguaribe Apodi). A pesquisa também revelou que a região sudeste do Brasil possui o maior número de produtores de pitaya.

Olhando na questão da produção, Marques (2010) estudou a germinação, fenologia e estimativa do custo de produção da pitaya, especificamente da *Hylocereus undatus*, com base em dados coletados entre março de 2007 e julho de 2010. A pesquisa foi dividida em quatro partes: estudos preliminares de germinação, efeito da luminosidade, efeito de diferentes substratos e experimentos de campo com mudas propagadas por estaquia. Foram analisados diversos fatores, sendo possível citar o número de espinhos por aréola, conformação dos cladódios e o tempo até a fase reprodutiva. Os dados foram analisados usando variâncias e médias, com o teste de Scott-Knott a um intervalo de confiança de 95%. Concluiu-se que temperatura, umidade relativa e precipitação têm forte correlação com a floração e frutificação.

Ainda na produção, outro ponto importante a ser considerado é o adensamento. Machado (2019) destaca que a densidade de plantio de pitayas vermelhas é crucial para a produtividade. Isso porque, um adensamento grande aumenta o número de ramos produtivos e, portanto, a produtividade. No entanto, densidades menores permitem plantas mais desenvolvidas, com melhor absorção de nutrientes e água, resultando em frutos maiores e de melhor qualidade. Por isso, é preciso encontrar o equilíbrio ideal para cada produtor.

Adentrando o tema de melhoramento genético, Faleiro e Junqueira (2021) fazem um extenso estudo para pitayas no cerrado brasileiro, com parceria da Embrapa. Em 1996, o primeiro Banco Ativo de Germoplasma (BAG) de Pitaya no Brasil foi montado, em seu início, o BAG contava com mais de 200 acessos, obtidos por doações voluntárias. Contudo, nos anos 2000, esse número foi reduzido para cerca de 50, isso porque os esforços se concentraram nas espécies e acessos com maior potencial comercial ou utilidade em programas de melhoramento genético. Cerca de 13 projetos de P & D foram realizados nas áreas experimentais da Embrapa Cerrados, e concluiu-se que, apesar dos acessos analisados possuírem a mesma base genética, diferentes grupos de genes condicionam a produtividade e outras características, tal como o formato do fruto. Esta conclusão gerou avanços nos ciclos de seleção, recombinação e melhoramento genético.

VISITA AO PRODUTOR

Conforme citado anteriormente, há muitas variáveis na cadeia produtiva da pitaya, o que dificulta seu estudo, aliado ao fato de ser uma planta ainda nova no mercado. Assim, para desenvolver este estudo, buscou-se um produtor parceiro para realizar visitas, tirar dúvidas e obter dados necessários para a modelagem matemática. Encontrou-se, na região de Limeira, um produtor que aceitou participar deste desafio conjunto.

O espaço de cultivo dele é de um hectare (10.000 m²). Neste, é utilizado um espaçamento de 5 corredores com 2 metros de distância entre as plantas e 4 metros entre as linhas. Este espaçamento foi escolhido para permitir a entrada de máquinas e implementos agrícolas, que anteriormente eram usadas na plantação de laranjas, para o manejo do pomar. Essas medidas resultam em um adensamento de:

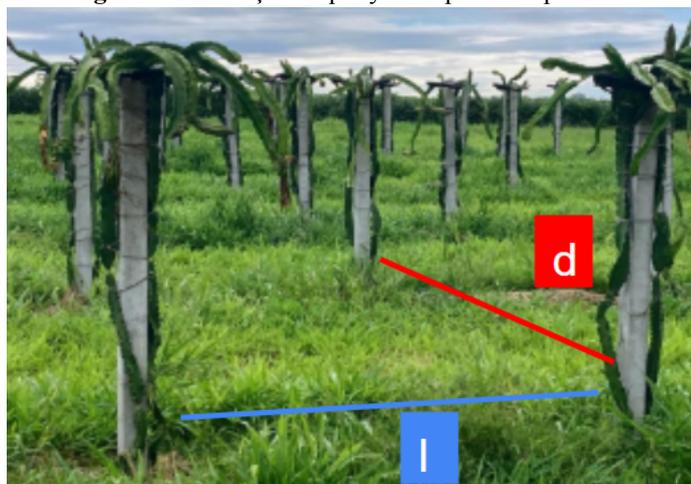
$$A = \frac{\text{área disponível}}{l \times d} = \frac{10.000m^2}{4m \times 2m} = 1250 \text{ árvores/hectare.}$$

No entanto, os corredores poderiam ser reduzidos, o que resultaria em um maior adensamento. Porém, essa técnica não foi utilizada pelo produtor por dificultar o uso de seus equipamentos. Além disso, Ele comenta que o sistema de espaldeiras também poderia ser adotado. Como demonstrado no vídeo de Professor Pitaya (2023), este sistema é caracterizado pelo uso de videiras verticais e em fileiras paralelas. Também é possível observar como é feita a poda de condução, neste sistema, para a formação da copa e geração mais frutos a longo prazo.

Em relação a organização, a produção de pitayas conta com postes de concreto, que atuam como estacas, como é possível observar na Figura 2. Cada estaca suporta duas plantas, sendo colocados pneus de bicicletas, cortados ao meio, no topo das estacas para conduzir e apoiar as cactáceas. Os cladódios são desbastados para evitar o sobrecarregamento da planta. Também são realizadas podas de condução entre o primeiro e o segundo anos das plantas, mais especificamente entre maio e outubro, período em que a planta está em fase vegetativa. Essa poda visa formar o "guarda-chuva", que permite que os cladódios cresçam apenas na região do interior do pneu, sendo assim, removidos os ramos que não estejam dentro

do mesmo. Anualmente são realizadas podas sanitárias nas quais são cortados os cladódios que estão crescendo na direção errada ou estão doentes.

Figura 2: Produção de pitayas do produtor parceiro.



Fonte: Autoria própria.

As principais variedades cultivadas para comércio pelo produtor são a “Scala”, a “branca comum” e a “amarela”. Nomenclaturas utilizadas pelo produtor, que correspondem aos três tipos principais existentes no mercado: casca vermelha e polpa vermelha, casca vermelha e polpa branca, e casca amarela e polpa branca, respectivamente. No momento da pesquisa, na plantação havia 86,4% das plantas da variedade de casca e polpa avermelhadas, apenas 5% são da variedade de polpa branca e 8,6% correspondem à variedade amarela. Além disso, o produtor cultiva mais de 20 outras espécies para testes, como pode ser observado na Figura 3. Nestas, ele experimenta diferentes tipos de adubação, poda e cruzamento, a fim de determinar quais são técnicas as mais adequadas para cada uma delas.

Ademais, o produtor também explicou que somente a partir do segundo ano de cultivo que as plantas começam a produzir frutos de qualidade comercial. Atualmente, ele possui 180 plantas na segunda safra, 360 plantas na primeira safra e 460 plantas ainda sem safra. De acordo com o produtor, as principais doenças que afetam a plantação na região são o cancro fúngico, a podridão por fusarium, a antracnose, e a podridão mole da pitaya causada por bactérias.

Figura 3: Pitayas em fase de teste do produtor parceiro.



Fonte: Autoria própria.

CONCLUSÕES:

O presente estudo sobre a cadeia agroindustrial da pitaya, especificamente na região de Limeira, proporcionou um aprofundamento no entendimento das diferentes variáveis e desafios enfrentados por produtores locais. A interação com o produtor local foi muito benéfica, não só para a compreensão prática da produção de pitayas, mas também por evidenciar a escassez de dados disponíveis sobre essa cultura. O produtor busca por informações e o fato dele fazer seus próprios testes enriqueceu muito a interação, visto que ele atua como um pesquisador empírico. Concluindo, este estudo não só contribuiu para o aumento do conhecimento técnico sobre a produção de pitaya na região de Limeira, mas também destacou a importância da colaboração entre pesquisadores e produtores na busca por soluções para os desafios da agroindústria.

BIBLIOGRAFIA

FALEIRO, Fábio Gelape. **PITAIA - Agropedia brasilis - Ainfo - Embrapa**. In: Anuário HF. 2022. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/1152429/1/Pitaita-fruta-conquistando-2022.pdf#:~:text=A pesar%20do%20aumento%2C%20esta%20produ%C3%A7%C3%A3o%20%C3%A9%20muito%20pe-quena%2C>>. Acesso em: 1 jul. 2024.

FALEIRO, Fábio Gelape; JUNQUEIRA, Nilton Tadeu Vilela. **Pitayas: atividades de pesquisa, desenvolvimento e inovação na Embrapa Cerrados**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2021.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pitaya. Produção Agropecuária. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/EXPLICA/PRODUCAO-AGROPECUARIA/PITAIA/BR>. Acesso em: 29 jun. 2024.

JUNIOR, Rogério Goulart; REITER, Janice Maria Waittuch; SILVA, Diego Adilio da. Caracterização da cultura da pitaya: produção e comercialização no sul catarinense. In: ENCONTRO DE ECONOMIA CATARINENSE, 16., 2023, Blumenau: APEC, 2023. p. 5. Disponível em: <https://docweb.epagri.sc.gov.br/website_cep/Artigos/APEC_23-Characterizacao_cultura_pitaya.pdf>. Acesso em: 29 jun. 2024.

MACHADO, Francisca Gislene Albano. **Densidades de plantio e ciclos de cultivo na produção e qualidade de frutos e fenologia reprodutiva da pitaita vermelha**. 2019. 102 f. Tese (Doutorado em Agronomia-Fitotecnia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.

MARQUES, Virna Braga. **Germinação, fenologia e estimativa do custo de produção da pitaita [Hylocereus undatus (Haw.) Britton & Rose] / Virna Braga Marques**. – Lavras : UFLA, 2010.

NGUYEN, Tri-Dung et al. **Stochastic Modelling Frameworks for Dragon Fruit Supply Chains in Vietnam under Uncertain Factors**. *Journal of Risk and Uncertainty in Engineering and Management Systems*, v. 10, n. 1, p. 1-21, 2024.

NGUYEN, Tri-Dung et al. **Optimization Model for Fresh Fruit Supply Chains: Case-Study of Dragon Fruit in Vietnam**. *AgriEngineering*, 20 dez. 2019.

NUNES, E. M. S.; SILVA, D. F.; FRANCO, J. H. P.; CARVALHO, I. C. **Pitaita (Hylocereus sp.): Uma revisão para o Brasil**. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v. 36, n. 1, p. 101-116, mar. 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbf/a/cq7JmmnPgWXb369PYvmMKYn/>. Acesso em: 20 jun. 2024.

Professor Pitaya. **Como Cultivar Pitaya**. 2023. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=Ki0Wi98CD6s&ab_channel=ProfessorPitaya. Acesso em: 07 jul. 2024.

SANTOS, Dalíla Nazaré dos; PIO, Leila Aparecida Salles; FALEIRO, Fábio Gelape. **Pitaita: uma alternativa frutífera**. Brasília, DF: ProImpress, 2022.