

REVIEW ARTICLE



Lúpulo no Brasil: Uma cultura promissora em ascensão

Hops in Brazil: A promising and emerging crop

Aline da Rosa Almeida ^{a*} , Leilane Costa de Conto ^a

^a Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina (IFSC), Câmpus Urupema, 88625-000, Urupema, SC, Brasil.

Resumo

Acreditava-se anteriormente que o cultivo do lúpulo no Brasil não era viável. No entanto, após inúmeras tentativas, um agricultor de São Bento do Sapucaí – SP, obteve a primeira colheita em 2016, utilizando a variedade Cascade de lúpulo. Desde então, a produção de lúpulo se expandiu para diferentes regiões do país, despertando o interesse das cervejarias em incorporar o lúpulo brasileiro em suas bebidas, além de incentivar pesquisas para caracterizar e compreender suas propriedades. Assim, torna-se crucial a realização de um estudo que apresente a situação atual da produção e da pesquisa científica sobre as variedades de lúpulo brasileiro, sendo esse o objetivo principal deste trabalho. Uma revisão integrativa de literatura, com abordagem qualitativa, foi conduzida nas bases de dados eletrônicos SciELO, ScienceDirect e Google Acadêmico entre os meses de fevereiro a outubro de 2023, utilizando os descritores “lúpulo”, “lúpulo brasileiro”, “produção de lúpulo no Brasil”, “brazilian hop” e “hops”. Verificou-se que atualmente o lúpulo é cultivado em 14 estados, destacando-se Santa Catarina, Rio Grande do Sul e Paraná, totalizando 75 mil plantas em todo o país. Quanto às pesquisas, foram identificadas 13 publicações, sendo 12 artigos científicos e 1 livro. Esses estudos discorrem sobre a qualidade e a importância do cultivo do lúpulo no Brasil. Embora acredite-se que seja longo o caminho para alcançar uma produção significativa, capaz de atender à demanda da indústria brasileira de cerveja, os primeiros passos foram dados, conforme evidenciado nos trabalhos publicados com qualidade.

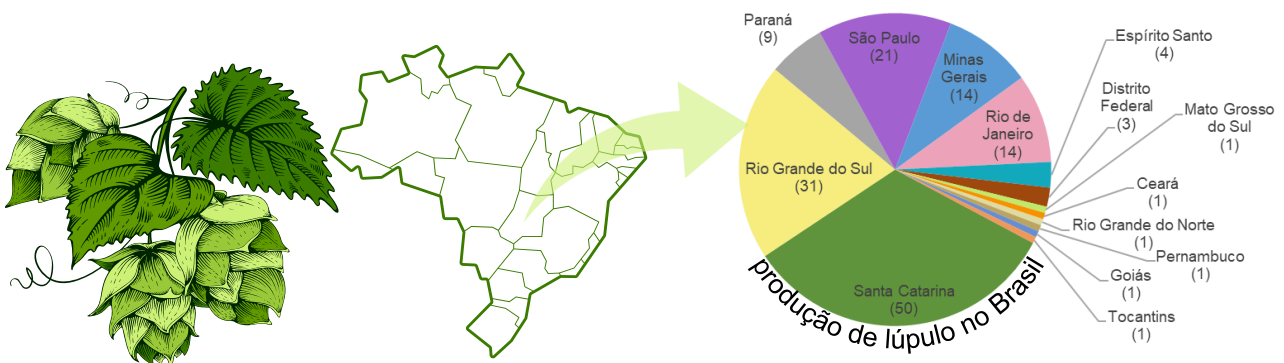
Palavras-chave: Lúpulo, lúpulo brasileiro, cultivo de lúpulo no Brasil, produção de lúpulo no Brasil, pesquisas com lúpulo no Brasil.

Abstract

Previously, it was believed that hop cultivation in Brazil was not viable. However, after numerous attempts, a farmer from São Bento do Sapucaí – SP, achieved the first harvest in 2016, using the Cascade hop variety. Since then, hop production has expanded to different regions of the country, sparking the interest of breweries in incorporating Brazilian hops into their beverages and encouraging research to characterize and understand their properties. Therefore, it becomes crucial to conduct a study that presents the current situation of hop production and scientific research on Brazilian hop varieties, which is the main objective of this work. An integrative literature review, with a qualitative approach, was conducted on the SciELO, ScienceDirect, and Google Scholar electronic databases between February and October 2023, using the descriptors “hops,” “Brazilian hops,” “hop production in Brazil,” “brazilian hop,” and “hops.” It was found that hops are currently cultivated in 14 states, with Santa Catarina, Rio Grande do Sul, and Paraná standing out, totaling 75 thousand plants nationwide. Regarding research, 13 publications were identified, including 12 scientific articles and 1 book. These studies discuss the quality and importance of hop cultivation in Brazil. Although it is believed that the journey to achieve significant production capable of meeting the demand of the Brazilian beer industry is long, the initial steps have been taken, as evidenced in the published works of quality.

Keywords: Hop, Brazilian hops, hop cultivation in Brazil, hop production in Brazil, hop research in Brazil.

Graphical Abstract



*Corresponding author: Aline R. Almeida. E-mail address: alinerosaufpr@gmail.com
Received: 13 Dec 2023; Accepted: 21 Dec 2023; Published: 07 Jan 2024.
© The Author(s) 2024. Open Access (CC BY 4.0).



1. Introdução

O lúpulo (*Humulus lupulus* L.) é uma planta amplamente empregada na produção de cerveja, proporcionando-lhe sabor amargo e aroma característico, desempenhando um papel essencial na elaboração da bebida (Roberts & Wilson, 2006). Além da utilização na indústria de alimentos, o lúpulo também tem importância no setor de cosméticos, medicina, farmácia, culinária e alimentação animal (Karabin et al., 2015). Tendo destaque na indústria cervejeira, que utiliza 97% da produção mundial, o lúpulo é um ingrediente indispensável. Os compostos presentes nas glândulas de lupulina (alfa e beta-ácidos), os polifenóis e os óleos essenciais proporcionam cor, amargor, aroma e sabor. Além disso, esses compostos também desempenham a função de conservante natural e estabilizador de espuma na produção de cervejas (Almeida et al., 2020, 2021; Durello et al., 2019).

Segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA, e a Associação Brasileira de Cerveja Artesanal - Abracerva, o Brasil produziu 14,3 bilhões de litros de cerveja em 2021, consolidando-se como o terceiro maior fabricante mundial de cerveja, com perspectiva de aumento gradativo pelas pesquisas de mercado, e projeção de venda de 16,1 bilhões de litros em 2023, cerca de 4,5% de crescimento em relação ao ano anterior (Abracerva, 2023; Ministério da Agricultura e Pecuária, 2023b, 2023a). As cervejarias artesanais vêm se destacando no Brasil, segundo o Anuário da Cerveja 2022. Apesar de representarem apenas 3% do mercado, elas são responsáveis por 97% de todas as fábricas do Brasil (Abrasel, 2023). Ressalte-se que até o início do ano de 2015, todo o lúpulo utilizado na produção de cerveja no Brasil era importado, principalmente dos Estados Unidos da América e da Alemanha (Almeida et al., 2020; Almeida et al., 2021).

Devido à crescente demanda por lúpulo nas cervejarias brasileiras, ao longo das últimas décadas, foram empreendidas diversas tentativas para cultivar essa planta no país. No entanto, o cultivo ainda enfrenta desafios significativos, como a adaptação ao fotoperíodo (exposição da planta à luz solar ao longo dos dias), a ausência de uma cadeia produtiva estabelecida e a escassez de tecnologia de maquinário específico para essa cultura (Brasil, 2022). Entretanto, em 2015 foi registrado o primeiro caso de produção de lúpulo no Brasil sem a utilização de técnicas artificiais, na Serra da Mantiqueira, em São Bento do Sapucaí-SP. Desde então, a cultura vem se expandindo por todo território brasileiro e despertando o interesse para a produção e para a pesquisa científica Alemanha (Almeida et al., 2021).

Desta forma, o objetivo deste estudo foi realizar uma pesquisa bibliográfica integrativa acerca da situação atual do cultivo e estudos envolvendo lúpulos produzidos em solo brasileiro, através de um levantamento bibliográfico amplo.

2. Metodologia

Este estudo baseia-se em uma revisão integrativa de literatura, de abordagem qualitativa, realizada nas bases de dados eletrônicas SciELO, Science Direct e Google Acadêmico entre os meses de fevereiro a outubro de 2023, utilizando os descritores “lúpulo”, “lúpulo brasileiro”, “produção de lúpulo no Brasil” “brazilian hop” e “hops”. A busca pelos artigos foi realizada manualmente por meio eletrônico, considerando como critérios de inclusão: publicações entre os anos de 2015 e 2023, escritas em idioma português ou inglês, com acesso online do texto completo. Foram respeitados os princípios éticos durante a busca, bem como, os direitos autorais e referências. Teses, dissertações,

trabalhos de conclusão de curso, resumos de anais e materiais publicados em outro idioma que não fosse em português e/ou inglês, foram excluídos, sendo este o único critério de exclusão de materiais.

3. Resultados e Discussão

A literatura revela que, até o momento, foram identificadas 13 publicações relacionadas ao lúpulo brasileiro, sendo 12 artigos científicos e 1 livro, os quais constituíram o foco principal desta pesquisa. Além dessas fontes, foram também utilizadas referências que abordam lúpulos de outras origens, bem como sites de controle estatístico para embasar definições e discussões.

O lúpulo, pertencente à espécie *Humulus lupulus* L., é uma planta da família da Cannabaceae, compartilhando o gênero com *H. japonicus* e *H. yunnanensis*, estas últimas sem valor comercial, sendo apenas utilizadas como plantas ornamentais (Fig. 1). O *H. lupulus* L. é principalmente utilizado na produção de cerveja, proporcionando sabor amargo e aroma ao mosto, sendo um ingrediente nobre e indispensável para a obtenção desta bebida (Briggs et al., 2004; Gerhäuser, 2005; Roberts & Wilson, 2006; Zanolli & Zavatti, 2008).

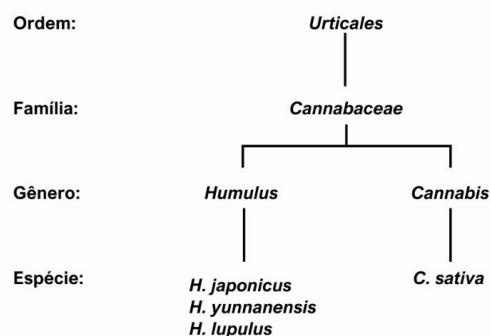


Fig. 1 Classificação filogenética do lúpulo. Fonte: Roberts & Wilson (2006).

Os lúpulos de diferentes variedades são plantas dióicas, ou seja, possuem plantas masculinas e femininas separadas distintas. Entretanto, somente as plantas fêmeas produzem os cones com as importantes “glândulas de lupulina”, localizadas em suas brácteas ao longo de todo o talo central da planta (Fig. 2).

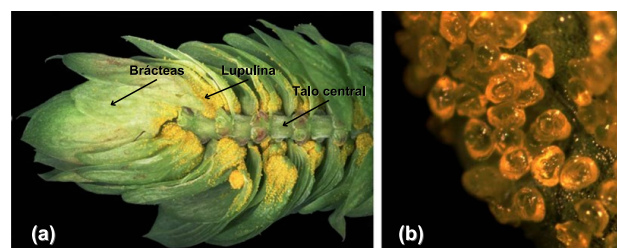


Fig. 2 Estrutura dos cones de lúpulo: identificação do corte transversal de lúpulo (a), e detalhe das glândulas de lupulina (b). Fonte: Adaptado de Stevens & Page (2004).

Nessas glândulas reside o valor comercial das flores de lúpulo, responsáveis por proporcionar características sensoriais de amargor e aroma à cerveja, devido à presença de resinas como α -ácidos e β -ácidos (responsáveis pelo amargor), e os óleos essenciais (responsáveis pelo aroma). Essas características sensoriais são dependentes da variedade de lúpulo utilizada, e atualmente, existem muitas variedades catalogadas e caracterizadas quanto ao seu perfil aromático e uso adequado (Briggs et al., 2004; Kavalier et al., 2011; Roberts & Wilson, 2006).

Estudos relatam que o lúpulo possui elevado teor de flavonoides e prenilflavonoides, uma subclasse dos flavonoides que possuem um grupo prenil (-CH₂-CH-C-(CH₃)₂) ligado à sua estrutura. Os principais flavonoides e mais importantes constituintes encontrados incluem o xantumul (XN), isoxantumul (IXN), desmethylxantumul (DMX), 6-prenilnaringenina (6-PN), 8-prenilnaringenina (8-PN), e 6-geranilnaringenina (6-GN) (Almeida et al., 2020, 2021; Česlová et al., 2009). Esses compostos são

responsáveis por diversas propriedades biológicas do lúpulo, como efeito sedativo, prevenção contra o câncer, atividade antioxidante, atividade estrogênica, ação pesticida e efeitos antibacteriano e antifúngico (Almeida et al., 2020, 2021; Gardea-Torresdey et al., 2002; Kavalier et al., 2011).

Componentes como trans- β -farneseno, mirceno, α -humuleno e β -cariofileno presentes no óleo essencial de lúpulo também podem contribuir para essas características benéficas (Almeida et al., 2020; Farag et al., 2012; Mongelli et al., 2015, 2016). Apesar das comprovadas atividades biológicas, a produção de lúpulo e seu mercado estão predominantemente focados na indústria cervejeira (Almeida et al., 2021; Zanolli & Zavatti, 2008).

A produção e crescimento adequado do lúpulo depende da localização do cultivo e das condições climáticas. Por ser uma cultura típica de climas frios, a sua produção se destaca em alguns países do hemisfério norte (Fig. 3).

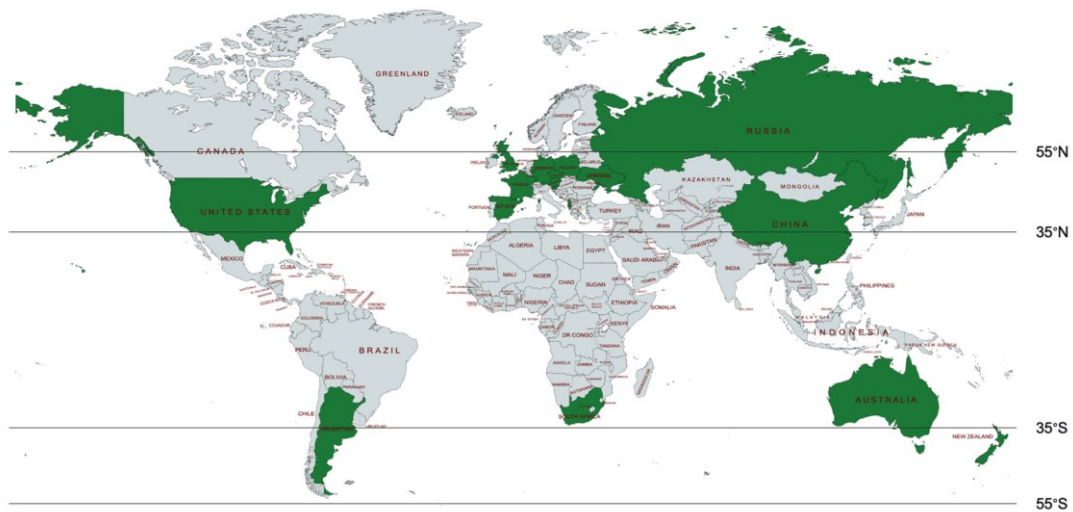
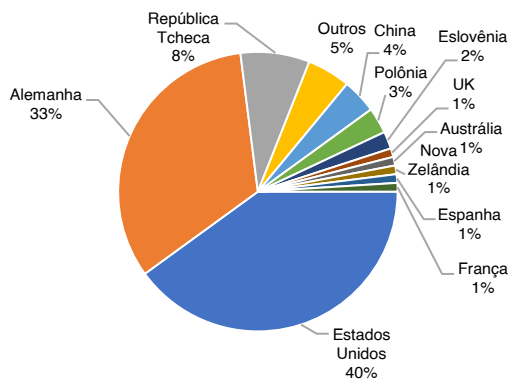


Fig. 3 Principais países produtores e áreas produtoras de lúpulo no mundo (em verde), com destaque naqueles localizados entre as latitudes 35° e 55°. Fonte: Jastrombek et al. (2022).

Entre os países produtores de lúpulo em 2020, com uma área mundial plantada de 62.885 hectares os Estados Unidos lideraram o ranking com 40%, seguidos pela Alemanha com 33% e República Tcheca com 8%. Do total, 79% dos lúpulos produzidos foram classificados com variedades de aroma e 21% destinados à

(a)



produção de alfa ácidos. Conforme indicado na Fig. 4, as cinco principais variedades cultivadas são Citra®, Columbus/Tomahawk®/Zeus (CTZ), Mosaic®, Simcoe® e Cascade (Mongelli et al., 2016).

(b)

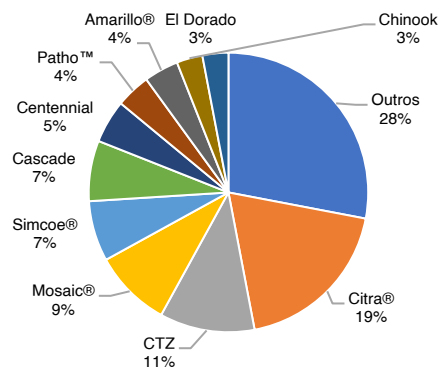


Fig. 4 Países produtores de lúpulo em 2020 (a); Variedades de lúpulo produzidas no mundo (b). Fonte: Adaptado de Instituto de Investigação & Desenvolvimento da Cerveja – Beer Learning (2020).

A produção de lúpulo não é tradicional no Brasil e, até recentemente, acreditava-se ser inviável devido à sua localização fora da faixa de latitude considerada ideal, entre 35 ° e 55 ° N ou S do Equador (Fig. 3). Nos últimos anos foram realizadas algumas tentativas frustradas de produção de lúpulo no Brasil, sendo o clima tropical e o fotoperíodo (quanto maior a latitude, maior é o tempo de luz durante o dia na primavera e no verão) os maiores desafios para a adaptação da cultura. Porém, ações em diferentes regiões pelo país demonstraram que é possível produzir lúpulo em solo brasileiro. Um marco significativo ocorreu em 2015, quando o cultivo na Serra da Mantiqueira (São Bento do Sapucaí, São Paulo) prosperou e foram produzidos 2.000 quilogramas de lúpulo da variedade Cascade sem a utilização de técnicas artificiais, o

qual recebeu o nome de “Mantiqueira” (Almeida et al., 2020; Aprodúpulo, 2023).

Após esse marco, a cultura da produção de lúpulo no Brasil se estendeu por outros estados, tendo como destaque as regiões mais frias do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo e Rio de Janeiro. Atualmente, cerca de 25 hectares estão plantados em diferentes regiões do país com variados climas e latitudes, especialmente na região sul, impulsionando a criação e fundação da Associação Nacional de Produtores de Lúpulo – Aprodúpulo em 2018. Essa associação tem como objetivo fortalecer a cadeia produtiva por meio de descontos em mudas, consultoria especializada, análises e eventos (Aprodúpulo, 2023; Brasil, 2022).

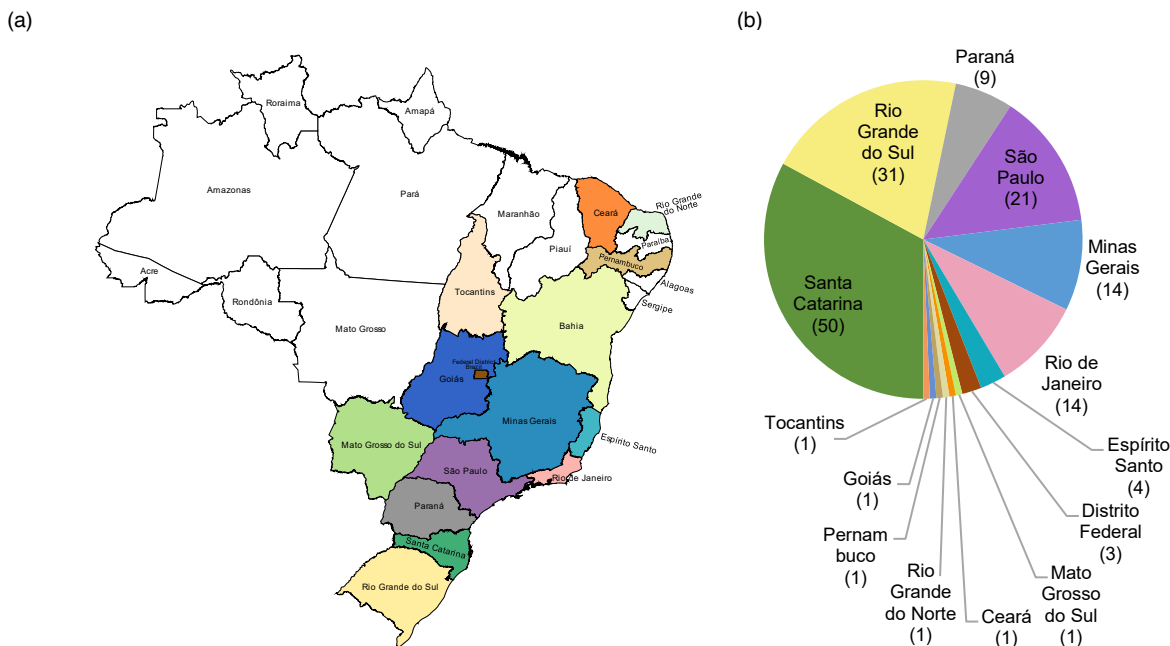


Fig. 5 Distribuição geográfica dos Estados produtores de lúpulo no mapa do Brasil (a) e representação quantitativa em gráfico de pizza (b). Mapa: Produzido com o MapChart (<https://www.mapchart.net>)

Em livro desenvolvido pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e dedicado a produção de lúpulo no Brasil, os autores relatam que existem até o momento 152 produtores de lúpulo em todo o país. Conforme ilustrado na Fig. 5, a maioria destes produtores está localizada nas regiões sul e sudeste, com destaque para Santa Catarina (33.3%), Rio Grande do sul (20.7%) e São Paulo (21.1%). Outros estados produtores de lúpulo incluem Minas Gerais (14.9%), Rio de Janeiro (14.9%), Paraná (9.6%), Espírito Santo (4.2%), Distrito Federal (3.2%), Mato Grosso do Sul, Ceará, Goiás, Pernambuco, Rio Grande do Norte e Tocantins (cada um contribuindo com 1,1%) (Brasil, 2022; BrazilianFarmers, 2023).

Dentre todos os produtores, somam-se 75 mil plantas de lúpulo, as quais estão distribuídas em uma área de cultivo de aproximadamente 25 hectares no país. Com relação às variedades, a mais cultivada é a Cascade (128 propriedades), seguido da Chinook (77 propriedades) e Columbus (59 propriedades). Segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento e de acordo com o Registro Nacional de Cultivares (RNC), existem 50 cultivares de lúpulo registradas, podendo estas possuírem certificado de origem genética ou não (Brasil, 2022; BrazilianFarmers, 2023).

Com a produção crescente de lúpulo no Brasil, despertou-se também o interesse de pesquisadores nacionais em desenvolver estudos com essa matéria prima. Para melhor

visualização das pesquisas desenvolvidas com o lúpulo produzido no Brasil até o momento, um resumo das informações está apresentado na Tabela 1.

Na literatura, até o momento foram identificadas 13 publicações com o lúpulo produzido no Brasil como tema central, sendo 12 artigos científicos publicados em periódicos e 1 livro. Dessas publicações, 7 abordam a composição química do lúpulo, enquanto 6 tratam do cultivo em solo brasileiro, destacando-se como os principais temas relacionados à produção científica sobre o lúpulo brasileiro.

Os trabalhos publicados indicam a viabilidade da produção de diversas variedades de lúpulo no Brasil. Além disso, descrevem a excelente qualidade desse produto em comparação com importados. Análises de composição química sugerem níveis significativos de compostos de amargor e aroma, assim como um elevado potencial antioxidante, antimicrobiano e concentrações significativas de composto fenólicos totais, especialmente flavonoides. Esses resultados demonstram o seu potencial para a utilização tanto na indústria cervejeira quanto em fármacos e compostos ativos na indústria alimentícia.

Tabela 1 Estudos realizados com lúpulo produzido em solo Brasileiro

Título	Breve resumo	Referência
Bioactive compounds and antioxidant activities of Brazilian hop extract (<i>Humulus lupulus</i> L.)	Extração por ultrassom de compostos bioativos de cultivares de lúpulo brasileiro (<i>Humulus lupulus</i> L.) comparado com o lúpulo comercial dos EUA. Observando CFT de $33,93 \pm 0,67$ mg EAG g ⁻¹ , flavonóides totais de $54,47 \pm 0,10$ mg EQ g ⁻¹ e significativa atividade antioxidante as quais podem ser atribuídas aos flavonóides isoquercitrina e quercetina.	Almeida et al. (2020)
Brazilian grown Cascade hop (<i>Humulus lupulus</i> L.): LC-ESI-MS-MS and GC-MS analysis of chemical composition and antioxidant activity of extracts and essential oils	Os perfis dos compostos fenólicos e compostos dos óleos essenciais do lúpulo Cascade produzido no Brasil e Estados Unidos foram avaliados. Os principais compostos fenólicos identificados foram ácido protocatecuico, isoquercitrina e ácido ferúlico. Para o perfil dos óleos essenciais foram identificados os compostos trans- β -farneseno, β -selineno, mircenol e α -selineno enquanto no lúpulo dos EUA observou-se alto teor de α -humuleno, mircenol, β -cariofileno e trans- β -farneseno. Uma maior atividade antioxidante foi observada para extratos de lúpulo quando comparados aos óleos essenciais.	Almeida et al. (2021)
Compressed fluid extraction methods, yields, antioxidant activities, total phenolic and flavonoid content of Brazilian Mantiqueira hops	Compara os rendimentos de diferentes métodos de extração para uma variedade brasileira de <i>Humulus lupulus</i> usando scCO ₂ , scCO ₂ + etanol, scCO ₂ + acetato de etila e propano comprimido. Os resultados indicam que o acetato de etila aumenta o rendimento da extração e produz amostras com maiores valores de compostos fenólicos totais, flavonoides e atividade antioxidante.	Veiga et al. (2021)
Intellectual property and plant variety protection: Prospective study on Hop (<i>Humulus lupulus</i> L.) cultivars	O estudo trata da propriedade intelectual (PI) relacionada com o lúpulo; as cultivares podem ser protegidas pelos Direitos dos Criadores de Plantas e como patentes de plantas (EUA). As áreas de cultivo de lúpulo podem receber Denominação de Origem Protegida ou Indicação Geográfica Protegida. O lúpulo colhido e beneficiado pode ser comercializado como produto registrado e de marca registrada.	Guimarães et al. (2021)
Effect of irrigation water pH on the agronomic development of hops in protected cultivation	O trabalho avaliou o efeito da irrigação com diferentes faixas de pH da água no desenvolvimento agrônomo do lúpulo cultivado em casa de vegetação, em Botucatu, estado de São Paulo, Brasil. Os valores preliminares de alfa e beta-ácidos foram maiores nas plantas irrigadas com água com pH de T1 (pH 6 a 6,5), indicando que possível estresse pode favorecer a produção desses compostos.	Guimarães et al. (2021)
A new perspective of a well-recognized raw material: Phenolic content, antioxidant and antimicrobial activities and α - and β -acids profile of Brazilian hop (<i>Humulus lupulus</i> L.) extracts	Analisou a composição química e verificou as atividades antioxidante e antimicrobiana de extratos hidroetanólicos de lúpulo brasileiro em comparação com uma cultivar de lúpulo disponível comercialmente. O lúpulo brasileiro foi uma boa fonte de flavonóides e apresentou alto teor de compostos fenólicos e propriedades antioxidantes e antimicrobianas. Os extratos hidroetanólicos apresentaram elevado teor de α e β -ácidos, chegando a quase 60% (m/m).	Arruda et al. (2021)
Hop: an emerging crop in subtropical areas in Brazil	Este trabalho aborda a história do cultivo de lúpulo no Brasil e caracteriza os principais elementos climáticos de três regiões emergentes de cultivo subtropical localizadas em diferentes latitudes, como temperatura do ar, fotoperíodo, radiação solar e disponibilidade de água, para fornecer suporte para o desenvolvimento de novas tecnologias.	Jastrombek et al. (2022)
An efficient, fast and ecological procedure to quantify α and β acids and xanthohumol in hops and their derivative products	Neste trabalho, um novo protocolo UHPLC-UV foi desenvolvido e comparado com a referência para determinação de α e β ácidos. O novo procedimento validado poderia ser adotado para controle de qualidade de lúpulo e seus derivados com maior rendimento de amostras e com ganho potencial na segurança do analista	Sartori et al. (2022)
Phenotypic variability in the induction of alpha acids in hops (<i>Humulus lupulus</i> L.) in Brazil	A pesquisa avaliou a variabilidade fenotípica do caráter alfa-efetivo em relação à variação ambiental em diferentes regiões brasileiras. Os resultados mostraram variabilidade no teor de alfa-ácido dependendo das regiões de cultivo do lúpulo. Concluindo que, existe variabilidade disponível para o melhoramento genético da cultura no Brasil e seus efeitos devem ser avaliados em cada microclima de cultivo.	Santos et al. (2022)
Lúpulo no Brasil: perspectivas e realidades	O livro aborda 5 temas relacionados a produção de lúpulo no Brasil: 1 - Diagnóstico da situação atual do cultivo de lúpulo no Brasil; 2 - Plano de viabilidade técnica e econômica para o plantio comercial de lúpulo; 3 - Estudo sobre estruturação da cadeia produtiva de lúpulo nos principais países produtores; 4 - Documento técnico contendo estudo de um Plano de ação para o futuro da produção de lúpulo no Brasil; 5 - Manual de Boas Práticas Agrícolas para a produção de lúpulo.	Brasil (2022)
Production of chitosan and poly (vinyl alcohol) films functionalized with hop extract (<i>Humulus lupulus</i> L. var. Cascade) for food packaging application	Neste estudo foram produzidos filmes de quitosana e álcool polivinílico (PVOH) funcionalizados com extratos de lúpulo para aplicação em embalagens de alimentos. Observando que as propriedades físico-químicas, mecânicas e antioxidantes dos filmes de quitosana/PVOH foram melhoradas com a adição dos extratos de lúpulo, indicando que o material funcionalizado é uma alternativa promissora para embalagens ativas em sistemas alimentícios.	Almeida et al. (2022)
Agronomic performance of <i>Humulus lupulus</i> L. varieties cultivated in organic and conventional systems in São Paulo center-west, Brazil	Este estudo avaliou o desempenho morfológico e produtivo de variedades de lúpulo cultivadas sob manejo orgânico e convencional na região centro-oeste de São Paulo, Brasil. Os resultados não mostraram influência significativa dos sistemas de cultivo nos parâmetros morfológicos. Columbus, Chinook e Cascade apresentaram maiores produtividades quando cultivadas em sistema orgânico.	Fortuna et al. (2023)
First report of citrus bark cracking viroid and hop latent viroid infecting hop in commercial yards in Brazil	Investigou se os viróides afetam a produção brasileira de lúpulo. Um isolado CBCVd foi detectado em coinfeção com HLVd apenas em amostras de São Paulo nas variedades 'Cascade' e 'Comet'.	Eiras et al. (2023)

CFT: Compostos fenólicos totais; EAG: Equivalentes de ácido gálico; EQ: Equivalentes de quercetina

4. Conclusão

A partir deste estudo pode-se inferir que a cultura do lúpulo que outrora era tida como impossível de ser implementada no Brasil, atualmente toma notoriedade em diferentes regiões do país. Com o crescimento do cultivo do lúpulo no Brasil surge também o interesse pela pesquisa com esse produto, tanto em relação à sua produção quanto à sua caracterização. O trabalho relata diversas pesquisas realizadas entre os anos 2020 e 2023, nos quais são abordados além do cultivo eficiente do lúpulo no Brasil, a qualidade deste produto. Acredita-se que esse seja apenas o início de um tema que tende a crescer nos próximos anos no Brasil. Portanto, esse trabalho destaca o desenvolvimento da cultura do lúpulo no Brasil, representando um marco temporal significativo para o cultivo e a produção científica com o lúpulo brasileiro, que ainda é insipiente.

Referências

- Abraçerva. (2023). *Associação Brasileira de Cerveja Artesanal*. Acesso em 01 Out 2023. Disponível em: <https://abraçerva.com.br/>
- Abraçel. (2023). *Sector cervejeiro no Brasil continua em expansão, aponta levantamento*. Associação Brasileira de Bares e Restaurantes. Acesso em 01 Out 2023. Disponível em: <https://abraçel.com.br/revista/mercado/sector-cervejeiro-no-brasil-continua-em-expansao-aponta-levantamento/>
- Almeida, A. da R., Maciel, M. V. de B. O., Machado, M. H., Sganzerla, W. G., Teixeira, G. L., Rosa, C. G. da, Block, J. M., Nunes, M. R., & Barreto, P. L. M. (2022). Production of chitosan and poly (vinyl alcohol) films functionalized with hop extract (*Humulus lupulus* L. var. Cascade) for food packaging application. *Food Packaging and Shelf Life*, 32, 100833. <https://doi.org/10.1016/j.foodpack.2022.100833>
- Almeida, A. da R., Maciel, M. V. de B. O., Gandolpho, B. C. G., Machado, M. H., Teixeira, G. L., Bertoldi, F. C., Noronha, C. M., Vitali, L., Block, J. M., & Barreto, P. L. M. (2021). Brazilian grown Cascade hop (*Humulus lupulus* L.): LC-ESI-MS-MS and GC-MS analysis of chemical composition and antioxidant activity of extracts and essential oils. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*, 79(2), 156–166. <https://doi.org/10.1080/03610470.2020.1795586>
- Almeida, A. da R., Maciel, M. V. de B. O., Machado, M. H., Bazzo, G. C., de Armas, R. D., Vitorino, V. B., Vitali, L., Block, J. M., Barreto, P. L. M., Armas, R. D., Vitorino, V. B., Vitali, L., Block, J. M., & Barreto, P. L. M. (2020). Bioactive compounds and antioxidant activities of Brazilian hop (*Humulus lupulus* L.) extracts. *International Journal of Food Science & Technology*, 55(1), 340–347. <https://doi.org/10.1111/ijfs.14311>
- Aprolúpulo. (2023). *Associação Brasileira de Produtores de Lúpulo*. Nosso personagem principal – o lúpulo. Acesso em 01 Out 2023. Disponível em: <https://aprolupulo.com.br/>
- Arruda, T. R., Pinheiro, P. F., Silva, P. I., & Bernardes, P. C. (2021). A new perspective of a well-recognized raw material: Phenolic content, antioxidant and antimicrobial activities and α - and β -acids profile of Brazilian hop (*Humulus lupulus* L.) extracts. *LWT*, 141(July 2020), 110905. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.110905>
- Beer Learning. (2020). *Lúpulo: números da produção mundial 2020 e efeitos Covid-19*. Instituto de Investigação & Desenvolvimento da Cerveja. Acesso em 01 Out 2023. Disponível em: <https://beer-learning.com/2020/09/16/lupulo-numeros-da-producao-mundial-2020-e-efeitos-covid-19>
- Brasil. (2022). *Lúpulo no Brasil: perspectivas e realidades* (A. Creuz & S. G. Kretzer (eds.); 1st ed.). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.
- BrazilianFarmers. (2023). *Rise of hops production in Brazil: heading towards the top of Latin America*. Acesso em 01 Out 2023. Disponível em: <https://brazilianfarmers.com/news/rise-of-hops-production-in-brazil-heading-towards-the-top-of-latin-america/>
- Briggs, D. E., Boulton, C. A., Brookes, P. A., & Stevens, R. (2004). *Brewing*. In *Brewing: Science and Practice*. Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1533/9781855739062>
- Česlová, L., Holčápek, M., Fidler, M., Drštíková, J., & Lisa, M. (2009). Characterization of prenylflavonoids and hop bitter acids in various classes of Czech beers and hop extracts using high-performance liquid chromatography-mass spectrometry. *Journal of Chromatography A*, 1216(43), 7249–7257. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2009.09.022>
- Durello, R. S., Silva, L. M., & Bogusz, S. (2019). Hop Chemistry. *Química Nova*, 42(8), 900–919. <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170412>
- Eiras, M., Oliveira, A. M. de, Ramos, A. de F., Harakava, R., & Darós, J.-A. (2023). First report of citrus bark cracking viroid and hop latent viroid infecting hop in commercial yards in Brazil. *Journal of Plant Pathology*, 105(2), 603–603. <https://doi.org/10.1007/s42161-023-01313-4>
- Farag, M. A., Porzel, A., Schmidt, J., & Wessjohann, L. A. (2012). Metabolite profiling and fingerprinting of commercial cultivars of *Humulus lupulus* L. (hop): A comparison of MS and NMR methods in metabolomics. *Metabolomics*, 8(3), 492–507. <https://doi.org/10.1007/s11306-011-0335-y>
- Fortuna, G. C., Gomes, J. A. de O., Campos, O. P., Neves, C. S., & Bonfim, F. P. G. (2023). Agronomic performance of *Humulus lupulus* L. varieties cultivated in organic and conventional systems in São Paulo center-west, Brazil. *Ciência Rural*, 53(8). <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20210704>
- Gardea-Torresdey, J., Hejazi, M., Tiemann, K., Parsons, J., Duarte-Gardea, M., & Henning, J. (2002). Use of hop (*Humulus lupulus*) agricultural by-products for the reduction of aqueous lead(II) environmental health hazards. *Journal of Hazardous Materials*, 91(1–3), 95–112. [https://doi.org/10.1016/S0304-3884\(01\)00363-6](https://doi.org/10.1016/S0304-3884(01)00363-6)

Contribuições dos Autores

A.R.A.: Curadoria de Dados, Redação - Preparação do Rascunho Original; L.C.C.: Supervisão. Todos os autores leram e aprovaram o manuscrito final.

Disponibilidade de dados e materiais

Não aplicável.

Conflitos de Interesses

Os autores declaram que não têm interesses conflitantes.

Financiamento

Não aplicável.

- Gerhäuser, C. (2005). Broad spectrum anti-infective potential of xanthohumol from hop (*Humulus lupulus* L.) in comparison with activities of other hop constituents and xanthohumol metabolites. *Molecular Nutrition and Food Research*, 49(9), 827–831. <https://doi.org/10.1002/mnfr.200500091>
- Guimarães, B. P., Nascimento, P. G. B. D., & Ghesti, G. F. (2021). Intellectual property and plant variety protection: Prospective study on Hop (*Humulus lupulus* L.) cultivars. *World Patent Information*, 65(April), 102041. <https://doi.org/10.1016/j.wpi.2021.102041>
- Guimarães, J. de J., Sousa, F. G. G. de, Román, R. M. S., Dal Pai, A., Rodrigues, S. A., & Sarnighausen, V. C. R. (2021). Effect of irrigation water pH on the agronomic development of hops in protected cultivation. *Agricultural Water Management*, 253(April), 106924. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.106924>
- Jastrombek, J. M., Faguerazzi, M. M., Pierezan, H. de C., Rufato, L., Sato, A. J., Ricce, W. da S., Marques, V. V., Leles, N. R., & Roberto, S. R. (2022). Hop: An emerging crop in subtropical areas in Brazil. *Horticulturae*, 8(5), 393. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8050393>
- Karabin, M., Hudcova, T., Jelinek, L., & Dostalek, P. (2015). Biotransformations and biological activities of hop flavonoids. *Biotechnology Advances*, 33(6), 1063–1090. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2015.02.009>
- Kavalier, A. R., Litt, A., Ma, C., Pitra, N. J., Coles, M. C., Knelly, E. J., & Matthews, P. D. (2011). Phytochemical and morphological characterization of hop (*Humulus lupulus* L.) cones over five developmental stages using high performance liquid chromatography coupled to time-of-flight mass spectrometry, ultrahigh performance liquid chromatography photodiode. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(9), 4783–4793. <https://doi.org/10.1021/jf1049084>
- Ministério da Agricultura e Pecuária. (2023a). *Anuário da cerveja 2022*. Ministério da Agricultura e Pecuária. Secretaria de Defesa Agropecuária. Acesso em 01 Out 2023. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/comunicacao/noticias/2016/04/embarques-de-cafe-somam-uss-1-bi-no-1-trimestre>
- Ministério da Agricultura e Pecuária. (2023b). *Sector cervejeiro segue crescendo a cada ano, aponta anuário*. Anuário da Cerveja. Acesso em 01 Out 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/sector-cervejeiro-segue-crescendo-a-cada-ano-aponta-anuario>
- Mongelli, A., Rodolfi, M., Ganino, T., Marieschi, M., Caligiani, A., Dall'Asta, C., & Bruni, R. (2016). Are *Humulus lupulus* L. ecotypes and cultivars suitable for the cultivation of aromatic hop in Italy? A phytochemical approach. *Industrial Crops and Products*, 83, 693–700. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.12.046>
- Mongelli, A., Rodolfi, M., Ganino, T., Marieschi, M., Dall'Asta, C., & Bruni, R. (2015). Italian hop germplasm: Characterization of wild *Humulus lupulus* L. genotypes from Northern Italy by means of phytochemical, morphological traits and multivariate data analysis. *Industrial Crops and Products*, 70, 16–27. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.02.036>
- Roberts, T. R., & Wilson, R. J. H. (2006). Hops. In F. G. Priest & G. G. Stewart (Eds.), *Handbook of Brewing* (2nd ed., pp. 177–281). CRC Press. <https://doi.org/https://doi.org/10.1201/9781420015171>
- Santos, F. C. dos, Santos, M. dos, Huezsmann, R. D., Ceola, D., Souza, E. M. D. de, dos Santos Junior, C. F., Guidolin, A. F., & Coimbra, J. L. M. (2022). Phenotypic variability in the induction of alpha acids in hops (*Humulus lupulus* L.) in Brazil. *Journal of Agricultural Science*, 14(6), 198. <https://doi.org/10.5539/jas.v14n6p198>
- Sartori, L. de O., Souza, A. A., Bragagnolo, F. S., Fortuna, G. C., Bonfim, F. P. G., Sarnighausen, V. C. R., Carneiro, R. L., & Funari, C. S. (2022). An efficient, fast, and green procedure to quantify α - and β -acids and xanthohumol in hops and their derived products. *Food Chemistry*, 373(October 2021), 131323. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131323>
- Stevens, J. F., & Page, J. E. (2004). Xanthohumol and related prenylflavonoids from hops and beer: To your good health! *Phytochemistry*, 63(10), 1317–1330. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2004.04.025>
- Veiga, B. A., Hamerski, F., Clausen, M. P., Errico, M., de Paula Scheer, A., & Corazza, M. L. (2021). Compressed fluids extraction methods, yields, antioxidant activities, total phenolics and flavonoids content for Brazilian Mantiqueira hops. *The Journal of Supercritical Fluids*, 170, 105155. <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2020.105155>
- Zanolí, P., & Zavatti, M. (2008). Pharmacognostic and pharmacological profile of *Humulus lupulus* L. *Journal of Ethnopharmacology*, 116(3), 383–396. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2008.01.011>