RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta tese/dissertação será disponibilizado somente a partir de 26/02/2027

At the author's request, the full text of this thesis/dissertation will not be available online until February 26, 2027

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Botucatu

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
UNESP | BOTUCATU

GUSTAVO DO CARMO FERNANDES

PERFIL FITOQUÍMICO DE PELLETS DE LÚPULO "COMET" DE ORIGEM NACIONAL E IMPORTADO, E SUAS IMPLICAÇÕES NA QUALIDADE SENSORIAL E TECNOLÓGICA DE CERVEJAS ARTESANAIS

Botucatu
2026

GUSTAVO DO CARMO FERNANDES

PERFIL FITOQUÍMICO DE PELLETS DE LÚPULO “COMET” DE ORIGEM NACIONAL E IMPORTADO, E SUAS IMPLICAÇÕES NA QUALIDADE SENSORIAL E TECNOLÓGICA DE CERVEJAS ARTESANAIS

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Horticultura)

Orientador: Prof. Dr. Filipe Pereira Giardini Bonfim

Coorientadora: Profª. Drª. Pricila Veiga dos Santos

Botucatu

2026

F363p

Fernandes, Gustavo do Carmo
Perfil fitoquímico de pellets de lúpulo “Comet” de origem nacional e importado, e suas implicações na qualidade sensorial e tecnológica de cervejas artesanais / Gustavo do Carmo Fernandes. -- Botucatu, 2026
86 p. : il., tabs., fotos

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu
Orientador: Filipe Pereira Giardini Bonfim
Coorientadora: Pricila Veiga dos Santos

1. Humulus lupulus L.. 2. terroir brasileiro. 3. indústria cervejeira. 4. dry hopping. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Dados fornecidos pelo autor(a).

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Botucatu

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título:

PERFIL FITOQUÍMICO DE PELLETS DE LÚPULO "COMET" DE ORIGEM NACIONAL E IMPORTADO, E SUAS IMPLICAÇÕES NA QUALIDADE SENSORIAL E TECNOLÓGICA DE CERVEJAS ARTESANAIS

AUTOR: GUSTAVO DO CARMO FERNANDES
ORIENTADOR: FILIPE PEREIRA GIARDINI BONFIM
COORIENTADORA: PRICILA VEIGA DOS SANTOS

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Agronomia (Horticultura), pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. FILIPE PEREIRA GIARDINI BONFIM (Participaçao Presencial)
Departamento de Produção Vegetal / UNESP / Câmpus de Botucatu - FCA

Dr. JÚLIO CÉSAR RODRIGUES LOPES SILVA (Participaçao Virtual)
Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Recursos Genéticos Vegetais / Instituto Agronômico de Campinas

Vitor Augusto Garcia

Prof. Dr. VITOR AUGUSTO DOS SANTOS GARCIA (Participaçao Presencial)
Departamento de Produção Vegetal / UNESP / Câmpus de Botucatu - FCA

Botucatu, 26 de fevereiro de 2026.

RESUMO

O lúpulo é um dos quatro ingredientes fundamentais na produção de cerveja, sendo responsável pelo amargor, aroma e pela estabilidade microbiológica e físico-química da bebida. Embora o Brasil ocupe posição de destaque na produção e no consumo de cerveja, aproximadamente 98% do lúpulo utilizado no país é importado, o que eleva os custos de produção e amplia a dependência externa desse insumo, estimulando o avanço das pesquisas e a expansão do cultivo nacional. Dentro deste contexto, o objetivo deste trabalho foi comparar a qualidade do pellet de lúpulo da variedade Comet produzido em Botucatu – SP (safra de 2025) com o importado dos Estados Unidos (safra de 2022), bem como suas implicações na qualidade sensorial e tecnológica de cervejas artesanais com e sem *dry hopping*. Os perfis químicos dos óleos essenciais dos pellets e das cervejas produzidas foram avaliados por meio de cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (CG/MS), além de parâmetros físico-químicos das bebidas e análise sensorial. Foi observado teores semelhantes de α-ácidos entre os lúpulos nacional e importado, indicando potencial de amargor comparável, enquanto o lúpulo importado apresentou maior concentração de β-ácidos. Quanto aos óleos essenciais, o lúpulo importado destacou-se pelos compostos α-humuleno e β-selineno, associados a notas amadeiradas, terrosas e resinosas, enquanto o lúpulo nacional apresentou maiores teores de β-pineno, linalol e *(E)*-4-decenoato de etila, conferindo aromas frutados, florais e cítricos. As cervejas produzidas com lúpulo nacional apresentaram maior teor alcoólico e amargor, sugerindo perfil sensorial mais intenso. A análise sensorial indicou elevada similaridade entre as cervejas elaboradas com lúpulo nacional e importado, com notas altas e próximas para os atributos de aroma, sabor, aparência, cor e aceitação global. Adicionalmente, as amostras submetidas ao *dry hopping* apresentaram maior intensidade aromática e gustativa, bem como maior aceitação global, independentemente da origem do lúpulo. A análise multivariada confirmou que a origem do lúpulo e a aplicação do *dry hopping* foram fatores-chave na diferenciação química e sensorial. Os resultados evidenciam que o lúpulo nacional apresenta características químicas e sensoriais próprias, ao mesmo tempo em que alcança padrões comparáveis aos do lúpulo importado. Esses achados reforçam seu potencial para o estabelecimento de um *terroir* brasileiro e sua viabilidade como insumo competitivo para a indústria cervejeira.

Palavras-chave: *Humulus lupulus* L.; *terroir* brasileiro; indústria cervejeira; *dry hopping*.

ABSTRACT

Hops are one of the four fundamental ingredients in beer production, being responsible for bitterness, aroma, and the microbiological and physicochemical stability of the beverage. Although Brazil holds a prominent position in beer production and consumption, approximately 98% of the hops used in the country are imported, which increases production costs and reinforces external dependence on this input, thereby stimulating research and the expansion of domestic cultivation. Within this context, the main objective of this study was to compare the quality of Comet hop pellets produced in Botucatu, São Paulo, Brazil (2025 harvest) with those imported from the United States (2022 harvest), as well as their implications for the sensory and technological quality of craft beers with and without dry hopping. The chemical profiles of the essential oils from the pellets and the produced beers were evaluated using gas chromatography coupled to mass spectrometry (GC/MS), in addition to physicochemical parameters and sensory analysis of the beverages. Similar levels of α-acids were observed between domestic and imported hops, indicating comparable bittering potential, while the imported hops showed a higher concentration of β-acids. Regarding essential oils, the imported hops were characterized by higher levels of α-humulene and β-selinene, associated with woody, earthy, and resinous notes, whereas the domestic hops exhibited higher concentrations of β-pinene, linalool, and ethyl (E)-4-decenoate, contributing fruity, floral, and citrus aromas. Beers produced with domestic hops showed higher alcohol content and bitterness, suggesting a more intense sensory profile. Sensory analysis indicated high similarity between beers brewed with domestic and imported hops, with consistently high scores for aroma, flavor, appearance, color, and overall acceptance. Additionally, samples subjected to dry hopping exhibited greater aromatic and flavor intensity, as well as higher overall acceptance, regardless of hop origin. Multivariate analysis confirmed that hop origin and the application of dry hopping were key factors in chemical and sensory differentiation. The results demonstrate that domestic hops possess distinctive chemical and sensory characteristics while achieving standards comparable to imported hops. These findings reinforce their potential for establishing a Brazilian terroir and their viability as a competitive input for the brewing industry.

Keywords: *Humulus lupulus* L.; Brazilian terroir; brewing industry; dry hopping.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Área cultivada em hectares de lúpulo por estado brasileiro..... 21

Figura 2 - Desenvolvimento da fase vegetativa do lúpulo. Início das brotações (A); Planta de lúpulo com ramos desenvolvidos (B). Ramos herbáceos dextrogiros, que se fixam no sistema de condução (C). Planta com 6-7 metros com ramos laterais (D)..... 22

Figura 3 - Morfologia dos cones de lúpulo e glândulas de lupulina: Flores pistiladas (A); Cones desenvolvidos (B); Cortelongitudinal do cone com presença de lupulina (C); Tricomas glandulares peltados presentes na superfície abaxial do cálice da flor (D)..... 23

Figura 4 - Estruturas químicas dos α-ácidos..... 24

Figura 5 - Estruturas químicas dos β-ácidos..... 25

Figura 6 - Processo químico de conversão dos α-ácidos em iso-α-ácidos..... 26

Figura 7 - Mapa-múndi com os principais produtores de lúpulo em verde..... 28

Figura 8 - Total de cervejarias registradas por estado brasileiro..... 32

Figura 9 - Total de estabelecimentos registrados por região do Brasil..... 33

Figura 10 - Fluxograma produtivo da cerveja artesanal..... 34

Figura 11 - Pellet de lúpulo nacional..... 41

Figura 12 - Ilustrações das três etapas fundamentais envolvidas na microextração em fase sólida no modo headspace (HS-SPME)..... 47

Figura 13 - Biplot da análise de componentes principais com base nos compostos voláteis das cervejas produzidas com lúpulo importado e nacional, com e sem dry hopping..... 62

Figura 14 - Dendrograma obtido pela Análise Hierárquica de Agrupamento (HCA) baseada nas distâncias euclidianas dos compostos voláteis das cervejas produzidas com lúpulo importado e nacional, com e sem *dry hopping*..... 64

Figura 15 - Heatmap dos compostos voláteis identificados nas amostras de cerveja Lager com lúpulos nacionais e importados, com e sem *dry hopping*..... 66

Figura 16 - Teste afetivo de escala hedônica estruturada de cervejas elaboradas com lúpulo nacional e importado, com e sem *dry hopping*..... 69

Figura 17 - Perfil sensorial de aroma de cervejas elaboradas com lúpulo nacional e importado, com e sem *dry hopping* 71

Figura 18 - Perfil sensorial de sabor de cervejas elaboradas com lúpulo nacional e importado, com e sem *dry hopping*..... 73

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Cervejas produzidas com lúpulo Comet e seus respectivos códigos, Botucatu/SP, 2026..... 44

Tabela 2 - Formulação das cervejas dos tipos American Lager e Hop Lager, Botucatu/SP, 2026..... 45
.

Tabela 3 - Teores médios de α-ácidos, β-ácidos e óleo essencial em pellets de lúpulo Comet provenientes do Brasil e dos Estados Unidos, Botucatu/SP, 2026..... 51
.

Tabela 4 - Perfil químico do lúpulo Comet cultivado em Botucatu/SP, Brasil, e nos Estados Unidos, Botucatu/SP, 2026..... 53

Tabela 5 - Parâmetros físico-químicos das cervejas produzidas com lúpulo nacional e importado, com e sem dry hopping, Botucatu/SP, 2026..... 57

Tabela 6 - Compostos voláteis das cervejas dos estilos Lager e Hop Lager elaboradas com lúpulo nacional e importado, Botucatu/SP, 2026..... 60

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 17

2 REVISÃO DE LITERATURA.....19

2.1 A cultura do Lúpulo 19

2.2 Características botânicas 21

2.3 Compostos químicos do lúpulo 23

2.4 Exigências edafoclimáticas 27

2.5 Variedades de lúpulo.....29

2.6 Panorama da cerveja no mundo e no Brasil 31

3 MATERIAL E MÉTODOS.....37

3.1 Área experimental.....37

3.2 Caracterização do cultivo 38

3.3 Colheita.....39

3.4 Peletização 40

3.5 Estudo 1 – Perfil químico de pellets de lúpulo de origem nacional (Brasil) e importado (EUA) 41

3.5.2 Teor de óleo essencial 42

3.6.1 Produção da cerveja artesanal 44

3.6.2 Análise dos constituintes voláteis da cerveja (HS-SPME-GC-MS).....46

3.6.3 Análises físico-químicas da cerveja.....47

3.6.4 Análise sensorial 50

3.7 Análise estatística 50

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO 51

5 CONCLUSÃO 75

REFERÊNCIAS..... 77

Comitê de Ética em Pesquisa (CEP)

FACULDADE DE MEDICINA DE BOTUCATU (FMB)

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: ANÁLISE DA QUALIDADE DA CERVEJA: LÚPULO NACIONAL EM COMPARAÇÃO COM LÚPULO IMPORTADO

Pesquisador: PRICILA VEIGA DOS SANTOS

Área Temática:

Versão: 3

CAAE: 83174824.3.0000.5411

Instituição Proponente: CAMPUS DE BOTUCATU FACULDADE DE CIENCIAS AGRONOMICAS

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 7.303.344

1 INTRODUÇÃO

O Brasil ocupa a terceira posição mundial em volume de produção e consumo de cerveja. O setor cervejeiro corresponde a cerca de 2% do Produto Interno Bruto (PIB) nacional e gera aproximadamente dois milhões de empregos diretos e indiretos, com uma produção anual estimada em 15 bilhões de litros (Sindicerv, 2024).

Apesar da robustez do setor, todo o lúpulo empregado pela indústria nacional é importado, configurando-se como um dos insumos de maior impacto no custo de produção devido ao seu elevado valor agregado (Fagherazzi, 2020). Apenas em 2020, o país importou 3.243 toneladas de lúpulo, principalmente dos Estados Unidos e da Alemanha. Segundo a legislação brasileira, a cerveja é definida como a bebida obtida pela fermentação alcoólica do mosto cervejeiro preparado com água, malte de cevada, lúpulo e leveduras (Brasil, 2009). Entre esses ingredientes, o lúpulo (*Humulus lupulus* L.) destaca-se como um dos componentes essenciais do processo cervejeiro, pois suas inflorescências femininas, conhecidas como cones, concentram glândulas de lupulina que armazenam as resinas α e β-ácidos (Campos *et al*., 2023).

Esses compostos desempenham papel fundamental no amargor, na estabilidade de espuma e em outras propriedades organolépticas da bebida. Os óleos essenciais presentes nos cones, por sua vez, são responsáveis pelo perfil aromático característico da cerveja (Durello; Silva; Bogusz, 2019; Astray *et al.,* 2020; Kowalska *et al*., 2022). Atualmente, cerca de 97% da produção mundial de lúpulo destina-se à indústria cervejeira, que, além de conferir atributos sensoriais, o lúpulo também apresenta atividades antimicrobianas e antioxidantes, reduzindo os riscos de contaminação e melhorando a estabilidade do produto (Durello; Silva; Bogusz, 2019).

O cultivo de lúpulo é predominantemente realizado em regiões de clima temperado, situadas entre 35° e 55° de latitude norte ou sul, onde as condições de fotoperíodo são naturalmente adequadas ao desenvolvimento da cultura, concentrando os principais polos produtores mundiais, como Alemanha, Estados Unidos, República Tcheca e China (Donner *et al*., 2020; BarthHaas, 2024). *H. lupul*us L. é uma espécie de dia curto, cujo florescimento é induzido quando a duração do dia se torna inferior ao fotoperíodo crítico, geralmente entre 15 e 16 horas de luz (Acosta-Rangel *et al*., 2024; Neve, 1991).

No Brasil, inserido em latitudes subtropicais e tropicais, o fotoperíodo anual varia, de modo geral, entre aproximadamente 10 e 13 horas de luz, valores inferiores à exigência fotoperiódica da cultura. Essa condição favorece a indução floral precoce, limitando o crescimento vegetativo e, consequentemente, o potencial produtivo das plantas. Ainda assim, estudos conduzidos em diferentes regiões do país demonstram que o cultivo do lúpulo é tecnicamente viável mediante o uso de estratégias de manejo, com destaque para a suplementação luminosa (Neves *et al.*, 2025), que permite a extensão do fotoperíodo e a adequada condução do desenvolvimento vegetativo antes da indução floral (Agehara, 2020).

Considerando a elevada demanda interna, o avanço tecnológico observado no cultivo nacional e a importância estratégica do lúpulo para a consolidação da cadeia produtiva cervejeira no Brasil, torna-se fundamental estabelecer materiais de qualidade produzidos em território nacional. Nesse contexto, este estudo teve como objetivo comparar a qualidade de pellets de lúpulo da variedade Comet produzidos em Botucatu – SP com pellets importados dos Estados Unidos, e o impacto na produção de cerveja oriundas destes dois insumos, de forma a gerar evidências robustas sobre a viabilidade e a qualidade do lúpulo cultivado no Brasil.

5 CONCLUSÃO

O lúpulo da variedade Comet cultivado no Brasil apresenta perfil fitoquímico consistente e comparável ao importado. Os teores de α-ácidos do lúpulo importado e do nacional mostraram-se semelhantes (EUA: 11,40% e BR: 10,14%), indicando potencial de amargor inicial equivalente entre os insumos. Em contrapartida, o lúpulo importado apresentou maior concentração de β-ácidos (3,0% em relação a 1,3% no nacional), característica associada à maior estabilidade oxidativa da cerveja. Quanto à composição dos óleos essenciais, o material importado manteve a predominância de sesquiterpenos típicos, como α-humuleno e β-selineno, além de compostos relacionados a notas amadeiradas, terrosas e resinosas, enquanto o lúpulo nacional apresentou maiores teores de β-pineno, linalol e *(E)*-4-decenoato de etila, resultando em aromas mais frutados, florais e cítricos.

Durante o processo cervejeiro, essas diferenças são parcialmente atenuadas, resultando em perfis voláteis e sensoriais semelhantes entre as cervejas, com elevada aceitação para todos os atributos avaliados. A formação de álcoois superiores e ésteres durante a fermentação, aliada à maior estabilidade de compostos como linalol e geraniol, exerce papel determinante no perfil final das bebidas. Além disso, o *dry hopping* destacou-se como o principal fator responsável pela intensificação e complexidade aromática, independentemente da origem do lúpulo.

O lúpulo nacional se confirma como um insumo de qualidade semelhante ao importado, com potencial para aplicação na produção cervejeira. As variações observadas, especialmente em compostos minoritários, indicam a influência do ambiente de cultivo e apontam para a construção de um *terroir* brasileiro. Assim, o uso de lúpulo brasileiro representa uma oportunidade de inovação, permitindo o desenvolvimento de cervejas com identidade própria e contribuindo para o fortalecimento da cadeia produtiva no país.

REFERÊNCIAS

ACOSTA-RANGEL, A.; AGEHARA, S.; RECHCIGL, J. Double-season production of hops (*Humulus lupulus* L.) with photoperiod manipulation in a subtropical climate. ***Scientia Horticulturae***, v. 332, p. 113177, 2024.

ACREE, T.; ARN, H. Flavornet and Human Odor Space. 2004. Disponível em: http://www.flavornet.org/flavornet.html. Acesso em: 18 nov. 2025.

ADAMS, R. P. *Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectroscopy.* Illinois, USA: Allured Publishing Corporation, 2017. 809 p.

ALMAGUER, C.; SCHONBERGER, C.; GASTL, M.; ARENDT, E. K.; BECKER, T. *Humulus lupulus* – a story that begs to be told. A review. ***Journal of the Institute of Brewing***, v. 120, n. 4, p. 289–314, 2014. https://doi.org/10.1002/jib.160

ALMEIDA, A. R.; CONTO, L. C. *Lúpulo no Brasil: uma cultura promissora em ascensão.* ***Food Science Today***, v. 3, n. 1, p. 1–6, 2024. https://doi.org/10.58951/fstoday.2024.001

ALMEIDA, A. R.; MACIEL, M. V. D. O. B.; 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. Brazilian grown cascade hop (*Humulus lupulus* L.): LCESI-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***, v. 79, n. 2, p. 156–166, 2021. https://doi.org/10.1080/03610470.2020.1795586

ALMEIDA, J. M. Análise do óleo essencial de variedades de lúpulo (*Humulus lupulus* L.) cultivadas no Brasil por cromatografia gasosa uni e bidimensional. 2020. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2020.

AGEHARA, S. *Using supplemental lighting to control flowering of hops in Florida*. Gainesville: University of Florida, IFAS Extension, 2020. (EDIS, HS1365). Disponível em: https://edis.ifas.ufl.edu. Acesso em: 15 ago. 2025.

AMERICAN SOCIETY OF BREWING CHEMISTS. *Methods of analysis.* 6. ed. Madison (WI): A.S.B.C., 1958.

APROLÚPULO. Mapa do lúpulo brasileiro. 2023. Disponível em: https://www.aprolupulo.com.br/. Acesso em: 25 ago. 2025

AQUARONE, E.; LIMA, U.A.; SCHMIDELL, W. 2001. Biotecnologia Industrial: Processos Fermentativos e Enzimáticos, vol. 3. São Paulo, Edgard Blücher, 593 p

AQUILANI, B.; LAURETI, T.; POPONI, S.; SECONDI, L. Beer choice and consumption determinants when craft beers are tasted: An exploratory study of consumer preferences. **Food quality and preference**, v. 41, p. 214-224, 2015. https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2014.12.005

AQUINO, A. M.; TEIXEIRA, A. J.; ASSIS, R. L. (Org.). *Referencial Técnico de Atratividade Agropecuária – Lúpulo.* Nova Friburgo, RJ: Embrapa, 2019.

ARALDI, L. B.; SATO, A. J.; MORENO, G.; ROBERTO, S. R. ASPECTOS AGRONÔMICOS DE VARIEDADES DE LÚPULO CONDUZIDAS COM SUPLEMENTAÇÃO ARTIFICIAL DO FOTOPERÍODO EM REGIÕES SUBTROPICAIS. **Revista Thêma et Scientia**, v. 14, n. 2E, p. 76-95, 2024.

ARCHANA, G.; GAURAV, S.; SHRUTI, M.; SARITA, M.; ANURADHA, S.; KUMAR, D. M. BEER PRODUCTION BY FERMENTATION PROCESS: A REVIEW. **Journal of Microbiology, Biotechnology & Food Sciences**, v. 13, n. 4, 2024. DOI:10.55251/jmbfs.9532

ARRANZ, S.; CHIVA-BLANCH, G.; VALDERAS-MARTÍNEZ, P.; MEDINA-REMÓN, A.; LAMUELA-RAVENTÓS, R. M.; ESTRUCH WINE, beer, alcohol and polyphenols on cardiovascular disease and cancer. ***Nutrients*,** v. 4, p. 759–771, 2012. DOI: 10.3390/nu4070759

ARRUDA, A. L. Potencial qualitativo de cervejas estilo IPA elaboradas com lúpulos brasileiros *vs* importados. 2022. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, 2022.

ASTRAY, G.; GULLÓN, P.; GULLÓN, B.; MUNETAKA, P. E. S.; LORENZO, J. M. *Humulus lupulus* L. as a natural source of functional biomolecules. **Applied Sciences**, v. 10, n. 15, p. 5074, 2020. https://doi.org/10.3390/app10155074

BAKARE, O. S.; MARY, A. O. Phytochemical and ethnopharmacological review of *Humulus lupulus* L. on its traditional uses and biomedical potential. *Integrative* ***Biomedical Research***, v. 8, n. 5, p. 1–18, 2024. https://doi.org/10.25163/angiotherapy.859679

BARTHHAAS. *BarthHaas Report 2024/2025*. Nuremberg: BarthHaas GmbH & Co. KG, 2025. Disponível em: https://www.barthhaas.com. Acesso em: 15 ago. 2025.

BAMFORTH, C. W. Beer: tap into the art and science of brewing. Oxford University Press, 2009.

BEHRENS, J. H. Fundamentos e técnicas em análise sensorial. Conselho Regional de Química–IV região, SP, p. 1-37, 2010.

BIZOTTO, D. LÚPULO NOS CAMPOS DE CIMA DA SERRA: POTENCIALIDADES CLIMÁTICAS. 2019. 78 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2019

BRASIL. Decreto nº 6.871, de 04 de junho de 2009. Regulamenta a Lei nº 8.918, de 14 de julho de 1994. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 05 jun. 2009.

BRIGGS, D. E.; BOULTON, C. A.; BROOKES; STEVENS, R. Brewing Science and practice. North America: CRC Press LLC, V1.2004

CAMPOS, O. P. Anatomia, histoquímica e densidade de tricomas de variedades de *Humulus lupulus* L. sob manejo orgânico e convencional. 2021. Dissertação (Mestrado em Agronomia (Horticultura)) Universidade Estadual Paulista - UNESP, Botucatu, SP, 2021.

CAMPOS, O. P.; BONFIM, F. P. G.; CABRAL, M. N. F.; VIRIATO, V.; FERNANDES, G. C.; NEVES, C. S.; CARUSO, J. S.; OLIVEIRA, S. G.; SILVA, J. C. R. L.; FACANALI, R.; TECCHIO, M. A.; MARQUES, M. O. M. Hydrodistillation time for determining the yield and chemical composition of the essential oil from *Humulus lupulus* L. var. Comet cultivated under subtropical conditions. **Journal of Essential Oil Bearing Plants,** v. 28, n. 5, p. 1122-1130, 2025. https://doi.org/10.1080/0972060X.2025.2567350

CAMPOS, O. P; LEME, F. M.; FORTUNA, G. C.; GOMES, J. A. O.; NEVES, C. S.; ARRUDA, R. C. O.; BONFIM, F. P. G. Morphological characteristics, trichomes, and phytochemistry of inflorescences of'*Humulus lupulus*' L: Comparison of cropping systems and varieties. Australian **Journal of Crop Science**, v. 17, n. 3, p. 263-274, 2023. doi: 10.21475/ajcs.23.17.03. p3754

BRASIL. Ministério da Economia. Secretaria de Comércio Exterior (SECEX). Comex Stat: estatísticas de comércio exterior. Disponível em: http://comexstat.mdic.gov.br. Acesso em: 15 ago. 2025.

ČESLOVÁ, L., HOLČAPEK, M., FIDLER, M., DRŠTIČKOVÁ, J., & LÍSA, M. 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, v. 1216, n. 43, p. 7249-7257, 2009. https://doi.org/10.1016/j.chroma.2009.09.022

COTTRELL, M. T. A search for diastatic enzymes endogenous to *Humulus lupulus* and produced by microbes associated with pellet hops driving “Hop Creep” of dry hopped beer. **Journal of the american Society of Brewing chemists**, v. 81, n. 3, p. 435-447, 2023. https://doi.org/10.1080/03610470.2022.2084327

DODDS, K. *Hops: A Guide for New Growers.* 1. ed. New South Wales: NSW Department of Primary Industries, 2017.

DONNER, P.; POKORNÝ, J.; JEŽEK, J.; KROFTA, K.; PATZAK J.; PULKRÁBEK. Influence of weather conditions, irrigation and plant age on yield and alpha-acids content of Czech hop (*Humulus lupulus* L.) cultivars. **Plant Soil Environ**, v. 66, n. 1, p. 41-46, 2020. https://doi.org/10.17221/627/2019-PSE

DRESEL, M.; PRAET, T.; VAN OPSTAELE, F.; VAN HOLLE, A.; NAUDTS, D.; DE KEUKELEIRE, D.; DE COOMAN, L.; AERTS, G. Comparison of the Analytical Profiles of Volatiles in Single-Hopped Worts and Beers as a Function of the Hop Variety. **Brewing Science**, vol. 68, p. 8-28, 2015.

DURELLO, R. S.; SILVA, L. M.; BOGUSZ, S. Química do lúpulo. **Química Nova**, v. 42, p. 900-919, 2019. https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170412

EBC – EUROPEAN BREWERY CONVENTION. *Analytica – EBC.* 5. ed. Zurique: Brauerei–und Getränke–Rundschau, 2005.

FAGHERAZZI, M. M. *Adaptabilidade de cultivares de lúpulo na região do Planalto Sul Catarinense.* Doutorado – Universidade Estadual de Santa Catarina, 2020.

FAGHERAZZI, M. M., RUFATO, L., KRETZSCHMAR, A. A., ARRUDA, A. L., DOS SANTOS, M. F. S., & CAMARGO, S. S. A cultura do lúpulo: botânica e variedades. **Revista Agronomia Brasileira**, v. 1, n. 1, p. 4-6, 2017. DOI:10.29372/rab201712

FARAG, M, A; PORZEL, A; SCHMIDT, J; WESSEJOHANN, LA. Metabolite profiling and fingerprinting of comercial cultivars of *Humulus lupulus* L. (HOP); a comparision of MS and NMR methods in metabolics. **METABOLICS**. V.8, N.3, P, 492-507, 2012. DOI:10.1007/s11306-011-0335-y

FASTIGI, M.; ESPOSTI, R.; VIGANÒ. The irresistible rise of craft breweries in Italy: the case of agricultural craft breweries. 2015.

FERREIRA, C. S.; Chanvalon, E. T.; Bodart, E.; Collin, S. Why humulinones are key bitter constituents only after dry hopping: Comparison with other Belgian styles. ***Journal of the American Society of Brewing Chemists***, v. 76, n. 4, p. 236-246, 2018. https://doi.org/10.1080/03610470.2018.1503925

FERREIRA, Daniel Furtado. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e agrotecnologia,** v. 35, p. 1039-1042, 2011. https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001

FORSTER, A.; GAHR, A. A comparison of the analytical and brewing characteristics of Cascade and Comet hop varieties as grown in Yakima (USA) and Hallertau (Germany). *Brew. Sci.*, v. 67, p. 137–148, 2014. https://doi.org/10.23763/BrSc14-31forster

FORSTER, A.; GAHR, A. On the fate of certain hop substances during dry-hopping, BrewingScience – Monatsschrift für Brauwissenschaft, vol. 66, p. 93-103, 2013.

FORTUNA, G. C. DESEMPENHO AGRONÔMICO E FITOQUÍMICO DE VARIEDADES DE LÚPULO PRODUZIDAS EM CONDIÇÕES TROPICAIS SOB MANEJO ORGÂNICO E CONVENCIONAL. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2021.

FORTUNA, G. C.; GOMES, J. A. O.; CAMPOS, O. P.; NEVES, C. S.; BONFIM, F. P. G. Agronomic performance of *Humulus lupulus* L. varieties cultivated in organic and conventional systems in São Paulo center-west, Brazil. **Ciência Rural**, v. 53, n. 8, p. e20210704, 2023. https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20210704

FRANCO, J. R.; DAL PAI, E.; CALÇA, M. V. C.; RANIERO, M. R.; DAL PAI, A.; SARNIGHAUSEN, V. C. R.; ROMÁN, R. M. S. Atualização da normal climatológica e classificação climática de Köppen para o município de Botucatu-SP. ***Irriga***, v. 28, n. 1, p. 77–92, 2023. https://doi.org/10.15809/irriga.2023v28n1p77-92

GARAVAGLIA, C.; SWINNEN, J. The craft beer revolution: An international perspective**. Choices**, v. 32, n. 3, p. 1-8, 2017.

GARDEA-TORRESDEY, J.; HEJAZI, M.; TIEMANN, K.; PARSONS, J.G.; DUARTEGARDEA, M.; HENNING, J. Use of hop (*Humulus lupulus*) agricultural by-products for the reduction of aqueous lead (II) environmental health hazards. **Journal of Hazardous Materials.** v. 91, p. 95–112, 2002. https://doi.org/10.1016/S0304-3894(01)00363-6

GINGRICH, G. A., HART, J. M., CHRISTENSEN, N. W. Hops: Fertilizer guide. Corvallis: Oregon State University, Extension Service, 2000.

GOMES, F. O.; GUIMARÃES, B. P.; CEOLA, D.; GHESTI, G. F. Advances in dry hopping for industrial brewing: A review. **Food Science and Technology**, v. 42, p. ctaAR60620, 2022. https://doi.org/10.1590/fst.60620.

GUIMARÃES, B. P. Avaliação do lúpulo (*Humulus lupulus* L.) cultivado no Distrito Federal para uso cervejeiro. 2021. Dissertação (Mestrado em Química) – Instituto de Química, Universidade de Brasília, Brasília, 2021.

GUIMARÃES, B. P.; DUTRA, R. C.; CARMO, T. S.; SUAREZ, P. A. Z.; GHESTI, G. F. Characterization of Brazilian Cascade and Chinook hops and their dry-hopped beer. **Food Science and Technology**, v. 44, 2024. https://doi.org/10.5327/fst.00289

HARBOUR, K. B. A free exhaustive literature review on hops (*Humulus lupulus* L.). **Journal of the American Society of Brewing Chemists**, v. 81, n. 4, p. 504-504, 2023. https://doi.org/10.1080/03610470.2023.2232267

HEALEY, J. *The Hops List: 265 Beer Hop Varieties from Around the World.* 2016. Disponível em: http://www.hopslist.com/hops/bittering-hops/bullion/. Acesso em: 11 ago. 2025.

HERKENHOFF, M. E.; BRÖDEL, O.; FROHME, M. Hops across continents: exploring how terroir transforms the aromatic profiles of five hop (*Humulus lupulus*) varieties grown in their countries of origin and in Brazil. **Plants**, v. 13, n. 2675, 2024. https://doi.org/10.3390/plants13192675

HIERONYMUS, S. *For the Love of Hops: The Practical Guide to Aroma, Bitterness and the Culture of Hops*. Boulder: Brewers Publications, 2012. 326 p.

HOLT, S.; MIKS, M. H.; DE CARVALHO, B. T.; FOULQUIE-MORENO, M. R.; THEVELEIN, J. M. The molecular biology of fruity and floral aromas in beer and other alcoholic beverages. **FEMS microbiology reviews**, v. 43, n. 3, p. 193-222, 2019.

HRABIA O.; PORĘBA, P.; CIOSEK, A.; POREDA, A. Effect of Dry Hopping Conditions on the Hop Creep Potential of Beer. **Journal of the American Society of Brewing Chemists**, v. 82, n. 4, p. 412-421, 2024. https://doi.org/10.1080/03610470.2024.2388430

INTERNATIONAL HOP GROWERS CONVENTION (IHGC). *Country Reports Summary*. 2024. Disponível em: https://www.ihgc.org/wp-content/uploads/IHGC_CountryReportsSummary.pdf. Acesso em: 27 ago. 2025.

INUI, TAKAKO; TSUCHIYA, F.; ISHIMARU, M.; OKA, K.; KOMURA, H. Different beers with different hops. Relevant compounds for their aroma

characteristics. **Journal of Agricultural and Food Chemistry,** v. 61, n. 20, p. 4758-4764, 2013.

JASTROMBEK, J. M. FAGHERAZZI, M. M.; PIEREZAN, H. C.; RUFATO, L.; SATO, A. J.; RICCE, W. S.; MARQUES, V. V.; LELES, N. N. ROBERTO, S. R. Hop: an emerging crop in subtropical areas in Brazil. *Horticulturae*, v. 8, n. 5, p. 393, 2022. https://doi.org/10.3390/horticulturae8050393

JELIAZKOVA, E., ZHELJAZKOV, V. D., KAČÁNIOVA, M., ASTATKIE, T., & TEKWANI, B. L. Sequential elution of essential oil constituents during steam distillation of hops (*Humulus lupulus* L.) and influence on oil yield and antimicrobial activity. *J. Oleo Sci.*, v. 67, n. 7, p. 871–883, 2018.

KAVALIER, A. R., LITT, A., MA, C., PITRA, N. J., COLES, M. C., KENNELLY, E. J., & MATTHEWS, P. D. 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 array detection, and light microscopy techniques. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 59, n. 9, p. 4783-93, 2011. https://doi.org/10.1021/jf1049084

KISHIMOTO T.; KOBAYASHI, M.; YAKO, N.; IIDA, A.; WANIKAWA, A. Comparison of 4-Mercapto-4-Methylpentan-2-one contents in hop cultivars from different growing regions. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.56, n.3, 1051–1057, 2008.

KISHIMOTO, T.; WANIKAWA, A.; KONO, K..; SHIBATA, K. Comparison of the odor-active compounds in unhopped beer and beers hopped with different hop varieties. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 54, n. 23, p. 8855-8861, 2006. https://doi.org/10.1021/jf061342c

KISHIMOTO, T.; WATANABE, T.; KITAUCHI, K. Analysis of hop-derived terpenoids in beer. ***Journal of the American Society of Brewing Chemists***, v. 63, n. 3, p. 104–111, 2005.

KONDO, K. Beer and health: preventive effects of beer components on lifestyle-related diseases. **Biofactors,** v. 22, n. 1-4, p. 303-310, 2004. DOI: 10.1002/biof.5520220160

KONINGS, K.; SAKAMOTO, W. N. Beer spoilage bacteria and hop resistance. International journal of food microbiology, v. 89, n. 2-3, p. 105-124, 2003. DOI: 10.1016/s0168-1605(03)00153-3

KOWALSKA, G.; BOUCHENTOUF, S.; KOWALSKI, R.; WYROSTEK, J.; PANKIEWICZ, U.; MAZUREK, A.; WŁODARCZYK-STASIAK, M. The hop cones (*Humulus lupulus* L.): Chemical composition, antioxidant properties and molecular docking simulations. **Journal of Herbal Medicine**, v. 33, p. 100566, 2022. https://doi.org/10.1016/j.hermed.2022.100566

KRETZER, S. G.; CREUZ, A. Lúpulo no Brasil: Perspectivas e realidades. Diagnóstico da situação atual do cultivo de lúpulo no Brasil. Brasília: MAPA, p. 12-49, 2022. Acesso em: 17 out. 2025. Disponível em: https://repositorio-

dspace.agricultura.gov.br/bitstream/1/162/1/livro_lupulo-no-brasil-perspectivas-e-realidade.pdf

LAFONTAINE, S. R.; SHELLHAMMER, T. H. Impact of static dry-hopping rate on the sensory and analytical profiles of beer. **Journal of the Institute of Brewing**, v. 124, n. 4, p. 434-442, 2018. DOI 10.1002/jib.517

LELES, N. R.; SATO, A. J.; MORENO, G.; ARALDI, L. B.; ALMEIDA, A. L. D.; CARLI, V. W.; ROBERTO, S. R. Performance of hop cultivars (*Humulus lupulus* L.) under annual double harvest system with artificial light supplementation in a subtropical climate. *Semina:* ***Ciências Agrárias***, v. 45, n. 6, p. 1833–1850, 2024. https://doi.org/10.5433/1679-0359.2024v45n6p1833

LELES, N. R.; SATO, A. J.; RUFATO, L.; JASTROMBEK, J. M.; MARQUES, V. V.; MISSIO, R. F.; FERNANDES, N. L. M.; ROBERTO, S. R. Performance of hop cultivars grown with artificial lighting under subtropical conditions. ***Plants***, v. 12, n. 1971, 2023.

LOPES, F. G. Caracterização de óleos essenciais de lúpulos brasileiros e importados. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Ciências Exatas da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), 2023.

LORIZZO, M.; COPPOLA, F.; LETIZIA, F.; TESTA, B. SORRETINO, E. Role of yeasts in the brewing process: Tradition and innovation. **Processes**, v. 9, n. 5, p. 839, 2021. https://doi.org/10.3390/pr9050839

MACKINNON, D.; PAVLOVIČ, V.; ČEH, B.; NAGLIČ, B.; PAVLOVIČ, M. The impact of weather conditions on alpha-acid content in hop (Humulus lupulus L.) cv. Aurora. **Plant, Soil & Environment**, v. 66, n. 10, 2020. DOI:10.17221/344/2020-PSE

MARCOS, J. A. M.; NADAL, J. L. O.; ANDIÓN, J. P.; ALONSO, J. V.; PEDREIRA, J. M. G.; PAZ, J. F. Guia del cultivo del lúpulo. Galícia: [s.ed.], 2011. Disponível em: https://achtcervezas.blogspot.com/p/guia-del-cultivo-del-lupulo-realizado.html. Acesso em: 1 ago. 2024.

MARCUSSO, E. F. Os primórdios do lúpulo no Brasil: A trajetória alcoólica brasileira até o domínio cervejeiro e a introdução do lúpulo. **Revista do Instituto Histórico e Geográfico Brasileiro**, v. 183, n. 488, p. 233-264, 2022. https://doi.org/10.23927/issn.2526-1347.RIHGB.2022(488):233-264

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA (Brasil). Secretaria de Defesa Agropecuária. Anuário da cerveja 2025: ano referência 2024. Brasília, DF: MAPA/SDA, 2025. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/brasil-tem-mais-de-43-mil-cervejas-registradas/anuariodacerveja2025_.pdf. Acesso em: 10 out. 2025.

MITTER, W.; COCUZZA S. Wiederbelebtes Verfahren. Die Kalthopfung – Grundsätzliches und Techniken. Brauindustrie, vol. 4, p.10-12, 2012.

MONGELLI, A., RODOLFI, M., GANINO, T., MARIESCHI, M., DALL'ASTA, C., & BRUNI, R. 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**, v. 70, p. 16-27, 2015. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.02.036

NEVE, R. A. *Hops.* 1. ed. London: Springer, 1991.

NEVES, C. S.; AIRES, E. S.; RIBERA, L. M.; CAMPOS, O. P.; FORTUNA, G. C.; GOMES, J. A. O.; ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D.; BONFIM, F. P. G. Does organic hop cultivation in subtropical conditions promote physiological and productive changes? ***Ciência Rural***, v. 54, n. 9, p. e20230323, 2024. https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20230323

NEVES, C. S.; BONFIM, F. P. G.; Campos, O. P.; VIRIATO, V.; FERNANDES, G. C.; CABRAL, M. N. F.; FORTUNA, G. C.; OLIVEIRA, S. G.; RABINOWITZ, A. N.; SARNIGHAUSEN, V. C. R.; ONO, E. O.; SILVA, J. C. R. L.; MARQUES, M. O. M. Yield Performance and Phytochemical Stability of 'Comet' Hop Under Contrasting Light Supplementation Regimes in Subtropical Conditions. ***Plants,*** v. 14, p. 3516, 2025. https://doi.org/10.3390/plants14223516

PAIVA, A. C. *Caracterização de cervejas utilizando a GC×GC-MS e análise multivariada de dados.* Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), 2020.

PANG, Z.; LU, Y.; ZHOU, G.; HUI, F.; XU, L.; VIAU, C.; SPIGELMAN, A. F.; MACDONALD, P. E.; WISHART, D. S.; LI, S.; XIA, J. MetaboAnalyst 6.0: towards a unified platform for metabolomics data processing, analysis and interpretation. **Nucleic Acids Research**, v. 52, n. W1, p. W398–W406, 2024.

PERAGINE, J. *Growing your own hops, malts, and brewing herbs.* Ocala: Atlantic, 2011.

PRZYBYŚ, M.; SKOMRA, U. Hops as a source of biologically active compounds. **Polish Journal of Agronomy**, n. 43, p. 83-102, 2020. https://doi.org/10.26114/pja.iung.438.2020.43.09

RAHMAN, M. M.; FIELD, D. L.; AHMED, S. M.; HASAN, M. T.; BASHER, M. K.; ALAMEH, K. LED illumination for high-quality high-yield crop growth in protected cropping environments. ***Plants***, v. 10, n. 11, p. 2470, 2021. https://doi.org/10.3390/plants10112470

RETTBERG, N.; BIENDL, M.; GARBE, L.A. Hop aroma and hoppy beer flavor: Chemical backgrounds and analytical tools—A review. **Journal of the American Society of Brewing Chemists.** V. 76, p. 1–20, 2018. Https://doi.org/10.1080/03610470.2017.1402574. 2018.

ROSSINI, F.; LORETI, P.; PROVENZANO, M. E.; DE SANTIS, D.; RUGGERI, R. Agronomic performance and beer quality assessment of twenty hop cultivars grown in Central Italy. ***Italian Journal of Agronomy***, v. 11, n. 3, p. 180–187, 2016. DOI:10.4081/ija.2016.746

RUTNIK, K.; OCVIRK, M.; KOŠIR, I.J. Changes in Hop (*Humulus lupulus* L.) Oil Content and Composition during Long-Term Storage under Different Conditions. **Foods**, v. 11, 3089, 2022. https://doi.org/10.3390/foods11193089

SANTOS, S. P. Os Primórdios da Cerveja no Brasil. Ateliê Editorial. 1 ed, Cotia, 2003

SANZ, V.; TORRES, M. D.; LÓPEZ VILARIÑO, J. M.; DOMÍNGUEZ, H. What is new on the hop extraction? **Trends in Food Science & Technology**, v. 93, p. 12-22, 2019. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.08.018

SARTORI, L. O.; SOUZA, A. A.; BRAGAGNOLO, F. S.; FORTUNA, G. C.; BONFIM, F. P. G., SARNIGHAUSEN, V. C. R.; CARNEIRO, R. L.; FUNARI, C. S. An efficient, fast, and green procedure to quantify α-and β-acids and xanthohumol in hops and their derived products. **Food Chemistry**, v. 373, p. 131323, 2022. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131323

SCHÖNBERGER, C.; WIESEN, E. Die Kunst der Kalthopfung. Der Doemensianer. vol. 1, p. 42-43, 2013.

SILVA, H. A.; LEITE, M. A.; PAULA, A.R.V. Cerveja e sociedade. Contextos da Alimentação–Revista de Comportamento, Cultura e Sociedade, São Paulo: Centro Universitário Senac, v. 4, n. 2, p. 85-91, 2016.

SINDICERV – Sindicato Nacional da Indústria da Cerveja. *O setor em números.* 2024. Disponível em: https://www.sindicerv.com.br/o-setor-em-numeros/. Acesso em: 10 out. 2025.

SIQUEIRA, P. B.; BOLINI, H. M. A.; MACEDO, G. A. O processo de fabricação da cerveja e seus efeitos na presença de polifenóis. ***Alimentos e Nutrição Araraquara***, v. 19, n. 4, p. 491–498, 2009.

SOUZA, B. C. D.; CONTIN, D. R.; VIEIRA, P. C.; COSTA, F. B. D. Análise de óleos voláteis de lúpulo (*Humulus lupulus* L.) Cascade e Chinook cultivados sob clima tropical no estado de São Paulo. ***Química Nova***, v. 47, n. 3, p. e-20230109, 2023. https://doi.org/10.21577/0100-4042.20230109

SPÓSITO, M. B.; ISMAEL, R. V.; BARBOSA, C. D. A.; TAGLIAFERRO, A. L. A cultura do lúpulo. nº 68 (Série Produtor Rural). Universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2019.
DOI: https://doi.org/10.11606/9786587391892 Disponível em: www.livrosabertos.abcd.usp.br/portaldelivrosUSP/catalog/book/1634 . Acesso em 18 novembro. 2025.

STEINHAUS, M.; SCHIEBERLE, P.; Comparison of the most odor-active compounds in fresh and dried hop cones (Humulus lupulus L. Variety Spalter Select) based on GC− olfactometry and odor dilution techniques. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 48, n. 5, p. 1776-1783, 2000. https://doi.org/10.1021/jf061342c

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Plant Physiology and Development**. 6. ed. Sunderland: Sinauer Associates, 2017.

TAKOI, K.; KOIE, K.; ITOGA, Y.; KATAYAMA, Y.; SHIMASE, M.; NAKAYAMA, Y.; WATARI, J. Biotransformation of hop-derived monoterpene alcohols by lager yeast and their contribution to the flavor of hopped beer. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 58, n. 8, p. 5050-5058, 2010. https://doi.org/10.1021/jf1000524

TUSHA, K.; NEŠPOR, J.; JELÍNEK, L.; VODIČKOVÁ, H.; KINČL, T.; DOSTÁLEK, P. Effect of Czech hop varieties on aroma of dry-hopped lager beer. **Foods,** v. 11, n. 16, p. 2520, 2022. https://doi.org/10.3390/foods11162520

VAN DEN DOOL, H.; KRATZ, D. J. A generalization of the retention index system including linear temperature programmed gas–liquid partition chromatography. ***Journal of Chromatography***, v. 11, p. 463–467, 1963.

VENTURINI FILHO, W. G. (Coord.). *Bebidas alcoólicas: ciência e tecnologia.* São Paulo: Ed. Blücher, v. 1, 2010.

VERA, L.; ACEÑA, L.; GUASCH, J.; BOQUÉ, R.; MESTRES, M.; BUSTO, O. Characterization and classification of the aroma of beer samples by means of an MS e-nose and chemometric tools. ***Analytical and Bioanalytical Chemistry***, v. 399, p. 2073–2081, 2011. DOI: 10.1007/s00216-010-4343-y

VERZELE, M.; KEUKELEIRE, D. D. Chemistry and Analysis of Hop and Beer Bitter Acids, v. 27, **Elsevier**: Amsterdam. 1991.

YAN, D. D.; WONG, Y. F.; TEDONE, L.; SHELLIE, R. A.; MARRIOTT, P. J.; WHITTOCK, S. P., KOUTOULIS. Chemotyping of new hop (*Humulus lupulus* L.) genotypes using comprehensive twodimensional gas chromatography with quadrupole accurate mass time-of-flight mass spectrometry. Journal of Chromatography A. V. 1536, p. 110-121, 2018. DOI: 10.1016/j.chroma.2017.08.020

ZANOLI, P.; ZAVATTI, M. Pharmacognostic and pharmacological profile of *Humulus lupulus* L. **Journal of ethnopharmacology**, v. 116, n. 3, p. 383-396, 2008. DOI: 10.1016/j.jep.2008.01.011