

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS – UFSCAR
CAMPUS ARARAS: CCA - CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DCNME

Reginaldo de Paula Ferreira das Neves

**QUÍMICA DO LÚPULO E SEUS
CONSTITUINTES**

ARARAS

2023

REGINALDO DE PAULA FERREIRA DAS NEVES

QUÍMICA DO LÚPULO E SEUS CONSTITUINTES

Monografia apresentada no Curso de Licenciatura em Química da Universidade Federal de São Carlos para aprovação na disciplina de Monografia em Química II.

Orientação: Prof. Dra. Elaine Gomes Matheus Furlan

ARARAS

2023

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar à minha orientadora Elaine Furlan, que fez possível este momento, sua orientação foi fundamental.

A minha companheira Milena Maria presente ao meu lado nas diversas etapas da minha graduação me apoiando motivando a seguir em frente.

Aos meus pais, fundamentais sempre priorizaram a minha educação e formação como cidadão.

Aos meus colegas de graduação, aos quais dividimos momentos para toda a vida, em especial a minha colega Marina Saraiva.

Não menos importante agradeço a Deus sempre presente em meus desejos e objetivos.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS – UFSCAR
CAMPUS ARARAS: CCA - CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DCNME

Folha de aprovação

Assinatura dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de monografia do candidato Reginaldo de Paula Ferreira das Neves, realizada em 10/03/2023:

Prof. Dr. Adriano Lopes de Souza
Instituição UFSCAR

Prof. Dra. Elaine Gomes Matheus Furlan
Instituição: UFSCAR

Mestre cervejeiro Reinaldo Franco
Instituição: Versuchs- und Lehranstalt für Brauerei in Berlin (VLB)

EPÍGRAFE

Faça o teu melhor, na condição que você tem, enquanto você não tem condições
melhores, para fazer melhor ainda!

Mario Sergio Cortella

RESUMO

O lúpulo é um ingrediente fundamental para a produção de cervejas. Seu uso confere amargor, aroma e sabor além de contribuir para a conservação da bebida. O cultivo do lúpulo torna-se realidade e começa a ser expandido em território nacional, em paralelo à cultura cervejeira que também se expande no Brasil. Além da expansão do cultivo do lúpulo é necessário também desenvolver questões técnicas e tecnológicas em diferentes domínios. O lúpulo possui uma grande diversidade química, entre elas os grupos dos ácidos de amargor, óleos essenciais, substâncias que agregam valor econômico ao produto, ampliar a compreensão dos componentes é fundamental. Assim, este trabalho busca estender a química do lúpulo, através da produção científica nacional, indicando possibilidades de estudos e pesquisas, aproximando o tema para apreciação no ensino de química. O ensino de química por meio do novo ensino médio e da BNCC fornece elementos investigativos para estudar o lúpulo em sala de aula, expandindo sua compreensão química e avaliando a potencialidade de estudos.

Palavras-chave: Lúpulo; ensino de química; alfa ácidos; óleos essenciais; polifenóis

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Flores de lúpulo	19	Figura 2 Estrutura química das humulonas	21
Figura 3 Estrutura química das lupulonas			22
Figura 4 Oxidação dos ácidos de amargor			23
Figura 5 Reação de isomerização			25
Figura 6 Formação de 3-metil-2-buteno-1-tiol			26
Figura 7 Iso-alfa ácidos hidrogenados	26	Figura 8 Estrutura química das lupulonas	
28	Figura 9 Classificação química dos óleos essenciais		30
Figura 10 Estrutura química dos principais hidrocarbonetos			32
Figura 11 Estrutura dos principais compostos oxigenados			33
Figura 12 Principais flavonoides presentes no lúpulo			36
Figura 13 Principais Flavan-3-óis	36	Figura 14 Principais ácidos fenólicos do lúpulo	37

LISTA DE TABELAS E QUADROS

Tabela 1 Síntese dos estudos encontrados durante a pesquisa bibliográfica	18
Quadro 1 fórmula química dos ácidos de amargor	22
Quadro 2 comparativo de nomenclatura dos ácidos	29

LISTA DE ABREVIATURAS

EJA Educação de Jovens e Adultos

BNCC Base Nacional Curricular Comum

CNT ciência da natureza e suas tecnologias

IBU International Bitterness Units scale – Escala internacional de Amargura

ME Matéria e Energia

PRP Programa de Residência Pedagógica

TLC Tecnologia e Linguagem Científica

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	10
Objetivo Geral	13
Objetivos Específicos	13
METODOLOGIA	14
RESULTADOS E DISCUSSÕES	17
O lúpulo	19
O AMARGOR E O LÚPULO	20
ÓLEOS ESSENCIAIS	29
Hidrocarbonetos	31
Óleos essenciais oxigenados	32
Compostos de enxofre	34
POLIFENÓIS	34
Flavonóides	35
Flavan-3-óis	36
Ácidos fenólicos	37
Outros polifenóis	38
OPORTUNIDADES PARA EXPLORAR A TEMÁTICA DO COMPONENTE LÚPULO, NO ÂMBITO DO ENSINO DE QUÍMICA	40
Experiências de ensino	41
O lúpulo e as aulas de química	42
CONSIDERAÇÕES FINAIS	43
REFERÊNCIAS	45

INTRODUÇÃO

Este trabalho aborda a produção de cerveja, olhando para um ingrediente em específico, o lúpulo, podendo ser comparado a um tempero, confere amargor e aromatiza a bebida e confere sabor. A escolha do tema está atrelada a um hobby, a produção de cerveja artesanal, produção caseira para consumo próprio e amigos.

Desde 2018 produzindo cerveja caseira, é possível perceber que muito do conteúdo voltado para produção cervejeira era oriundo de fontes informais, tais como, internet, blogs, fóruns e comunidades virtuais. Através de sondagens informais, notou-se que o conteúdo científico disponível, em sua grande maioria, é proveniente de acervos internacionais, majoritariamente em inglês.

Nos anos seguintes, desenvolvendo o interesse pelo tema, verificou-se que a cultura cervejeira ganhou maior notoriedade, atingindo o gosto de um público com iniciativas que impulsionaram a expansão. Alguns segmentos surgiram como a tradução de livros acerca do tema para o idioma português, o cultivo do lúpulo em solo nacional, prática até então interpretada como inconcebível a popularização de concursos voltados para a comunidade cervejeira.

Com esta premissa em mente e considerando o curso de licenciatura em química surgiu a oportunidade de conciliar as duas atividades, buscando assim trazer um pouco da produção literária nacional sobre o assunto, e explanar potencialidades de assunto e direcionamentos para novas pesquisas, estudos e contexto também para o ensino.

O lúpulo é empregado majoritariamente na produção de cervejas, portanto se faz necessário voltar um pouco à história. Dados históricos informam que inicialmente as cervejas eram produzidas utilizando uma mistura de ervas e especiarias, conhecidas como *gruit*, ao invés do uso popularizado do lúpulo. Estas cervejas eram denominadas pelos ingleses como *ales* enquanto as cervejas produzidas com lúpulo eram conhecidas como *beer* (BENNETT, 1996 *apud* HIERONYMUS, 2020).

A transição entre o desuso das misturas *gruit* e adoção do uso de lúpulos trouxe alguns aspectos históricos, entre eles, as cervejas utilizando *gruit* possuíam diversos efeitos alucinógenos, afrodisíacos e intoxicantes, em contrapartida as cervejas lupuladas traziam efeitos mais brandos, sonolência e embriaguez. Aliado a este fator entrava os interesses da igreja, como a abominação das drogas e os efeitos das *gruit ales* juntamente com interesses comerciais, fizeram coro para transição (BUHNER, 1998 *apud* HIERONYMUS, 2020).

O lúpulo como é popularmente conhecido, recebe nome científico *Humulus lupulus* *linnae*, dentro da ciência cervejeira (*brewing science*) diversos estudos são conduzidos envolvendo técnicas de cultivo, manufatura, aplicação e uso. A composição química também é investigada cientificamente, com diversos estudos conduzidos, buscando uma melhor compreensão (ALMAGUER et.al., 2014). Alguns estudos envolvendo o lúpulo, possuem direcionamentos abrangentes, direcionando para os efeitos antioxidantes, bactericidas e anti cancerígenos, assim como também adjuntos na produção de alimentos (HIERONYMUS, 2020).

A composição química do lúpulo é complexa, sendo possível agrupar as substâncias em diferentes grupos para melhor entendimento. Pensando na produção de cervejas Janish (2021) divide em três grandes grupos, ou seja, os ácidos de amargor alfa ácidos e beta ácidos e depois os óleos essenciais; este último ainda podendo ser dividido entre hidrocarbonetos, compostos oxigenados e compostos sulfurados. Outra divisão possível é baseada no método de extração dos componentes do lúpulo, classificando as em resinas duras não extraíveis em hexano e resinas macias solúveis em hexano (DURELLO, 2019).

As resinas macias compreendem uma área de estudo mais explorado, onde se encontram os ácidos alfa e beta responsáveis principalmente pelo amargor das cervejas, enquanto as resinas duras compreendem elementos ainda não caracterizados (DURELLO, 2019).

O lúpulo passa por tentativas de cultivo em solo brasileiro desde 2005, sendo que em 2011 seu cultivo tornou-se notório, recebendo investimento em produção científica e tecnológica, possibilitando assim a expansão do cultivo em solo nacional. O Brasil ocupa a terceira posição no ranking de maiores produtores de cerveja, e paralelamente ocupa a 16ª posição no ranking em relação a publicações referente ao tema lúpulo. Países como Estados Unidos encontram-se em 2º no ranking de produção de cerveja e lúpulo, ocupando a 3ª posição no depósito de patentes. A China, líder mundial na produção de cerveja, também lidera o ranking de depósitos de patentes. Países tradicionais em cultivo de lúpulo como EUA, Alemanha, Inglaterra, Bélgica e Rep. Tcheca aparece entre os dez maiores líderes em publicação de artigos quando o assunto é cerveja e/ou lúpulos. Percebe-se, portanto, que o cultivo de lúpulo no Brasil é relativamente recente, fazendo jus aos dados científicos divulgados, estima-se avanços em produção científica juntamente a expansão do cultivo em território nacional, e assim inversamente (GUIMARÃES, 2021).

As culturas de lúpulo estão situadas em regiões como a Europa e América do Norte, classificadas como locais de cultivo ideal e a maior oferta ocorre por meio de importação. Recentemente o cultivo de lúpulo no Brasil passou a ser uma realidade, buscando oferecer

condições competitivas de oferta do produto e atender a demanda nacional, proporcionando um produto com maior frescor.

Sendo o lúpulo um produto com uma variedade grande química, buscou-se trazer aqui informações pertinentes ao assunto, pensando em sua composição química, no cultivo relativamente novo no Brasil, e na escassez de dados técnicos referentes à química do lúpulo. Portanto, se faz necessário um aprofundamento, revisão e produção de material em idioma nacional.

Para além do interesse na temática cervejeira, destaca-se que o ensino de química deve proporcionar ao aluno uma aprendizagem oportuna e instigadora, os conteúdos trabalhados devem oferecer situações problematizadoras, que tragam desafios durante o desenvolvimento do conhecimento científico, ampliando a compreensão do aluno e seu entorno de maneira crítica. A formação do professor de química deve ser pautada nesses princípios visando a formação crítica dos alunos. Nesse sentido, um estudo sobre o lúpulo traz elementos investigativos a serem explorados e, desta forma, juntamente propor situações de aprendizagem envolvendo a química do lúpulo. Um caminho vai na direção de avaliar os quatro eixos estruturantes, sendo possível estimar potencialidades de ensino acerca do tema (SÃO PAULO, 2020).

Assim, este Trabalho de Conclusão de Curso busca expandir a compreensão envolvendo os componentes presentes no lúpulo, a partir de publicações nacionais e procura relacionar com as potencialidades para o ensino de química.

Objetivo Geral

Compreender e descrever os componentes químicos, presentes no lúpulo e relacionar com aspectos sobre o ensino de química.

Objetivos Específicos

- Identificar artigos em periódicos que trazem elementos e informações pertinentes aos compostos presentes no lúpulo, coletar informações e explorar a literatura.

- Analisar as informações disponíveis e transcrevê-las de forma a ampliar a produção de materiais e publicações nacionais.

- Explorar oportunidades para o ensino de química, a partir da temática acerca do componente lúpulo.

METODOLOGIA

O desenvolvimento de pesquisas seguem algumas prerrogativas, como planejamento, fundamentação do tema de interesse e classificação de uma representação teórica que contemple o método de pesquisa estudado. Dentre a diversidade de pesquisas, a bibliográfica baseia-se em

obras estabelecidas, representando um grande acervo de material de consulta, composto por livros, artigos científicos e periódicos publicados que tratem determinada temática, contribuindo para a construção e aprofundamento sobre o assunto, proporcionando assim uma cobertura maior (GIL, 2006).

A pesquisa bibliográfica trata de uma atividade fundamental no desenvolvimento do conhecimento, frequentemente adotada em trabalhos de caráter exploratório e descritivo, funcionando como instrumento metodológico na resolução dos problemas e objetivos, delimitados pelo pesquisador (LIMA e MIOTO, 2007).

Para Fachin (2006) a coleta de dados e informações caracterizam uma pesquisa documental, fazendo parte deste processo também a análise, identificação e segregação do material consultado. Ao pesquisador cabe a aplicação e coerência metodológica, em relação a busca documental realizada, evitando assim tornar a atividade difícil ou demasiadamente abrangente (LIMA; MIOTO, 2007).

A pesquisa exploratória é caracterizada pelo seu objetivo de trabalho, trazendo uma proximidade com o tema em estudo, proporcionando para o pesquisador uma melhor compreensão sobre o assunto abordado, podendo ser interpretada como uma metodologia abrangente e adaptável durante o estudo. Analisando os métodos para execução e aplicação do estudo, a pesquisa exploratória encaixa-se também na representação de pesquisa bibliográfica, trazendo assim a representação conceitual dos modelos de estudo adotados para alcançar-se o objetivo estabelecido (GIL, 2006).

Apesar de possuir flexibilidade, a pesquisa bibliográfica, não deve ser confundida apenas como uma revisão literária, alguns caminhos metodológicos devem ser adotados, expor a metodologia aplicada, a construção dos procedimentos e exposição dos caminhos adotados. Diversos estudos adotam a pesquisa bibliográfica para desenvolver seus trabalhos, a revisão da literatura passa-se a ser um requisito na construção da pesquisa, assim como outros cofatores, como a delimitação dos critérios e procedimentos metodológicos durante a condução do estudo (LIMA e MIOTO, 2007).

Durante a elaboração de toda pesquisa é importantíssimo definir os caminhos metodológicos adotados, a pesquisa bibliográfica em caráter exploratório não foge à regra. Lima e Mioto (2007) definem alguns aspectos para a construção do conhecimento científico, cabendo aos pesquisadores expor a metodologia adotada, elaboração e aplicação das metodologias e apresentação da metodologia adotada. Assim, a pesquisa em questão baseou-se nas sinalizações e encaminhamentos transcritos pelas autoras e a metodologia utilizada, neste trabalho, foi uma pesquisa exploratória, por proporcionar uma aproximação e aprofundamento

com o tema, configurando também uma pesquisa bibliográfica, pois realizou-se uma busca em fontes bibliográficas, fazendo uso de livros e artigos.

Lima e Mioto (2007) sugerem alguns caminhos para construção do percurso metodológico: o primeiro passo deve-se expor o caminho metodológico adotado, de modo que fique claro ao leitor os caminhos adotados; o segundo passo seria a construção e escolha dos procedimentos adotados; o terceiro passo, a apresentação do percurso da pesquisa, com estes preceitos é apresentado a seguir a delimitação da metodologia adotada.

Dentro da etapa de construção do desenho metodológico seguiu-se quatro fases, sendo a primeira a elaboração do projeto de pesquisa. A escolha do tema ocorreu durante a elaboração do projeto de pesquisa, com o tema "a química do lúpulo". A temática surgiu após a leitura de dois livros, recentemente traduzidos para o português, ou seja, Lúpulo de Stan Hieronymus (2020) e A nova IPA de Scott Janish (2021);. Esses livros antes se encontravam apenas em idioma inglês, trazendo uma representação da escassez sobre o assunto. Assim, durante a etapa de elaboração da pesquisa problematizou-se o assunto e objetivos.

A segunda fase compreendeu a investigação de soluções, realizou-se uma sondagem prévia, caracterizada por uma pesquisa bibliográfica e apuração dos resultados obtidos, para tal atividade realizou-se uma pesquisa na base de dados de periódicos da CAPES, em setembro de 2021, a partir do descritor lúpulo. Esta averiguação não delimitou período de publicações, assim como, não houve delimitação de idiomas, contemplando assim a sondagem inicial, esta consulta resultou em 151 trabalhos encontrados.

A partir da leitura dos enunciados dos artigos, buscou-se encontrar publicações que satisfizesse o critério de exploração sobre o assunto; desta procura o primeiro trabalho encontrado (DURELLO, SILVA E BOGUZ, 2019) atendeu aos critérios, as demais publicações traziam a temática do lúpulo, porém possuíam vertentes distintas ao objetivo da pesquisa.

A terceira fase consistiu na análise explicativa das soluções, após a escolha da publicação a química do lúpulo submeteu-se à leitura do artigo, dando ênfase nas informações de interesse. O artigo apresentado por Durello, Silva e Boguz Jr (2019) contempla diversos elementos, trazendo assim em idioma nacional a apresentação das principais substâncias presentes no lúpulo, a caracterização e separação destas substâncias, as características macro do lúpulo, como sua nomenclatura científica, dados históricos de cultivo e uso do lúpulo.

A última fase compreendeu a síntese integradora, onde resultou o produto final destas quatro etapas, e a leitura da publicação em questão trouxe algumas reflexões: haveria deste artigo algum material originário, que precedeu o artigo? As citações e referências utilizadas pelos autores seriam parte de algum material também em português?

Ao término da leitura e investigação bibliográfica constatou-se que no presente momento da sondagem havia carência de trabalhos em português envolvendo a abordagem química sobre o assunto.

Lima e Miotto 2007 indicam que é necessário seguir quatro critérios para a etapa de coleta de dados, sendo elas o parâmetro temático, parâmetro linguístico, principais fontes e parâmetro cronológico. Seguindo esta articulação para o parâmetro temático, buscou-se realizar um aprofundamento sobre a temática, para tanto buscou-se na base do google acadêmico o material que precedeu o artigo a química do lúpulo, fez-se a busca a partir do nome do autor seguido dos descritores dissertação, mas para abrangência da busca não foi definido período de publicação e idioma.

A pesquisa realizada em dezembro de 2021 resultou na dissertação de mestrado Química do sabor de cervejas: detalhes moleculares de lúpulos (*Humulus lupulus*) cultivados no Brasil no processo cervejeiro (2019) do mesmo autor Renato da Silva Durello, e a partir das referências bibliográficas da pesquisa, outras referências foram consultadas.

Salvador (1986) *apud* Lima e Miotto (2007) define alguns critérios para execução de leitura do material bibliográfico, o primeiro é a leitura de reconhecimento, visando encontrar elementos importantes referentes ao tema, assim realizou-se a leitura da tese em questão, buscando assim reconhecer elementos importantes à pesquisa.

Desta leitura observou-se uma referência citada frequentemente o artigo *Humulus lupulus – a story that begs to be told. A review*, conseqüentemente presente nas referências do artigo (DURELLO, SILVA E BOGUZ, 2019). Este por sua vez também foi apreciado durante o desenvolvimento deste trabalho.

A partir das leituras realizadas tomou-se nota de alguns termos apresentados referente aos compostos químicos do lúpulo, algumas terminologias semelhantes apresentaram-se anteriormente nos livros citados *Lúpulo e a Nova IPA*.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Em função da possível ausência referente a temática, buscou-se realizar uma busca exploratória referente ao assunto, fazendo uso das terminologias presentes na dissertação.

Os termos foram organizados na tabela 1, aos quais procedeu-se uma nova busca utilizando os termos encontrados como descritores. Além dos descritores retirados da dissertação, atentou-se também as bases de pesquisa utilizada nas referências da dissertação, desta análise encontrou-se duas fontes extras de consulta: o *journal of the institute of brewing*

e journal of the american society of brewing chemists, periódicos em idioma inglês, pertinentes aos campo de estudo.

A busca bibliográfica realizada nesta etapa teve como descritores os termos presentes na dissertação, não houve delimitação de idioma, nem período cronológico, as fontes utilizadas compreenderam os journal citados anteriormente, além da base de periódicos da capes, google acadêmico e scielo, foram definidos estes critérios visando explorar o maior número possível de resultados.

A busca idealizada foi realizada durante o mês de janeiro de 2022, compreendeu o uso de 24 descritores, alguns termos compreendem a nomenclatura científica ou a nomenclatura internacional, os resultados obtidos foram organizados na tabela 1, trouxeram títulos majoritariamente em inglês.

Tabela 1 Síntese dos estudos encontrados durante a pesquisa bibliográfica

Descritores	Base de Dados				
	Google acadêmico	Periódicos CAPES	SciELO	Journal of The institute of brewing	Journal of the American Society of Brewing Chemists
Lúpulo	11200	153	4	2	82
Hops	469000	278286	12	461084	1256
Humulus	34000	279747	3	5364	90
Lupulus	25300	2404	1	353	40
Humulone	3010	525	0	759	139
cohumulone	1760	169	0	355	102
adhumulone	1040	108	0	207	73
prehumulone	176	20	0	27	5
posthumulone	173	10	0	24	3
Lupulone	168	357	1	235	56
colupulone	1060	149	0	227	57
adlupulone	574	69	0	96	26
pre lupulone	858	74	0	75	12
pos lupulone	130	5	0	24	5
Xanthohumol	9200	2052	0	531	27
hulupone	397	45	0	125	50
hulupinic acid	67	12	1	11	2
humulinone	232	47	1	76	21
deoxi humulone	230	0	0	0	0
Mirceno	53400	8939	1	5944	100
2methylbutyl isobutyrate	7230	598	0	1061	15
cariofileno	54700	14730	1	6010	88
farneseno	33200	5753	3	2948	52
humuleno	3140	5153	3	2919	98

Fonte: elaborado pelo autor

A discussão a seguir trata-se dos desdobramentos a partir das leituras dos livros (JANISH 2021)e (HIERONYMUS, 2020), a dissertação (DURELLO, SILVA E BOGUZ, 2019) e os artigos (ALMAGUER, 2014) e (DURELLO, 2019).

O lúpulo

O lúpulo na produção de cerveja é empregado para três finalidades, conferir amargor, sabor e aroma para cerveja, com estas finalidades o lúpulo é classificado em dois grupos em função da sua utilização, lúpulos de amargor e lúpulos de aroma, este último contribuindo com aroma e sabor.

Alguns lúpulos atendem aos dois requisitos contribuindo assim também para amargor, sabor e aroma das bebidas. Para um lúpulo ser considerado usual para amargor seu teor de alfa ácido deve ser aproximadamente superior a 10% (ALMAGUER, 2014; DURELLO, 2019).

A figura 1 ilustra os cones de lúpulo, como é conhecida a inflorescência da planta, responsável por produzir a lupulina, um pó amarelo secretado pelas glândulas de lupina, onde encontram-se três substâncias de interesse alfa ácidos, beta ácidos e óleos essenciais. (ALMAGUER, 2014; HIERONYMUS, 2020).

Figura 1 Flores de lúpulo



Fonte: Acervo do autor

O lúpulo possui uma diversidade de substâncias compondo os três componentes principais, entre elas resinas, óleos essenciais, aminoácidos, proteínas, monossacarídeos, taninos, lipídeos, ceras e celulose. Destes componentes as resinas responsáveis pelo amargor (alfa e beta ácidos) e os óleos essenciais responsáveis pelos aromas, possuem maior valor para a produção de cervejas.

O teor dos componentes presentes no lúpulo é influenciado diretamente pela variedade do lúpulo, época de colheita, condições climáticas e região de cultivo (ALMAGUER, 2014).

As resinas são classificadas em resinas duras e resinas macias, classificação sugerida em função dos métodos de extração, desenvolvidos para caracterização das substâncias presentes no lúpulo. É válido citar o xanthohumol, um potencial agente anticancerígeno, presente na fração de resina dura, encontrado apenas nas plantas de lúpulo (ALMAGUER, 2014).

As resinas duras estão presentes nos cones de lúpulo desde os estágios iniciais até a colheita (DURELLO, 2019). As resinas macias por sua vez sofrem processo de oxidação ao longo de sua vida útil, podendo contribuir para o aumento do teor de resina dura, paralelamente o teor de resina macia decai (ALMAGUER, 2014).

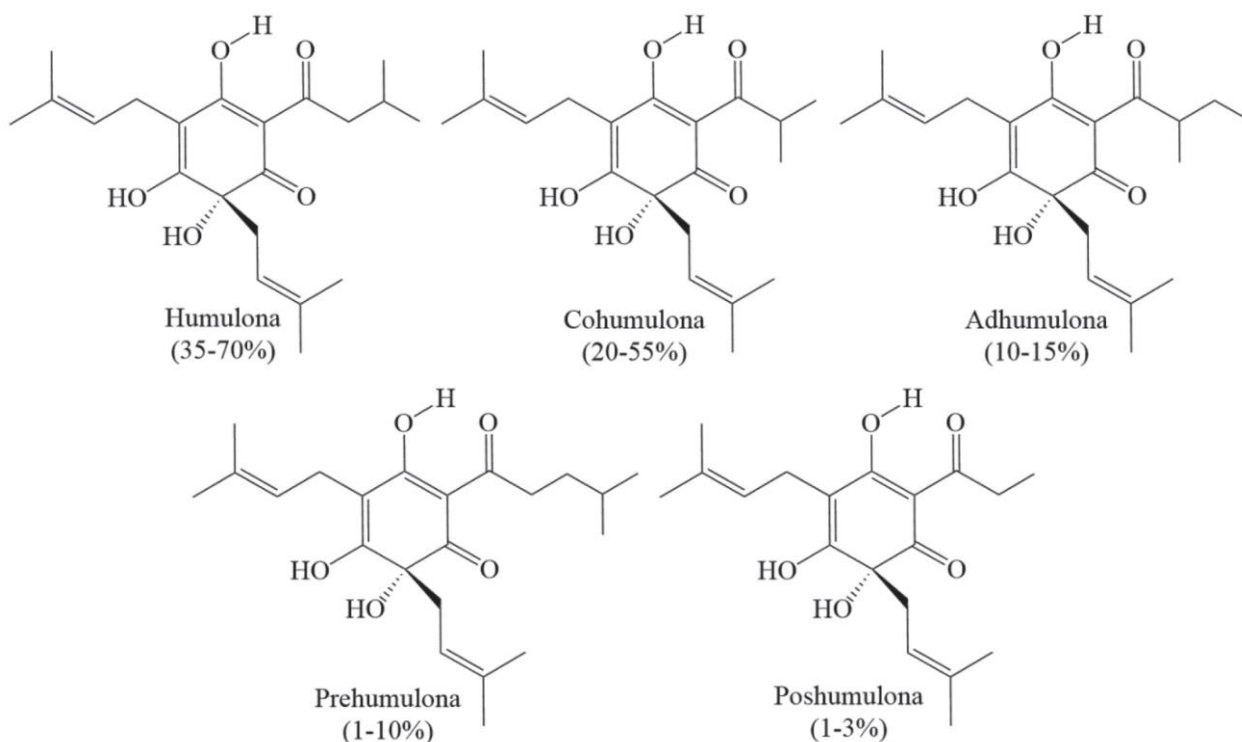
Os produtos de oxidação da resina macias caracterizadas contribuem para compor a fração de resina macia não caracterizada ao longo do processo de oxidação. Há um interesse em obter-se uma melhor compreensão em ambas as resinas ainda não caracterizadas, estimando-se assim a importância dos componentes para o processo de produção cervejeiro (ALMAGUER, 2014).

O AMARGOR E O LÚPULO

Um dos componentes de maior valor agregado na cultura do lúpulo, os alfa ácidos, são as substâncias responsáveis por fornecer amargor para cervejas, estes componentes fazem parte do grupo das resinas macias (ALMAGUER, 2014).

Os alfa ácidos conhecidos também como ácidos de amargor ou humulonas são compostos por cinco formas semelhantes: humulona, cohumulona, adhumolona, prehumolona, post-humulona (DURELLO, 2019). A figura 2 apresenta a estrutura química das cinco humulonas e a proporção que pode ser encontrada (DURELLO, 2019).

As estruturas químicas dos alfa ácidos apresentam semelhanças, variando o número de carbono, hidrogênio e oxigênio (quadro 1) em função também da disposição dos átomos ao longo da cadeia. A humulona, cohumulona e adhumolona compõem a maior fração entre os ácidos de amargor e a maior contribuição para o caráter amargo (JANISCH, 2020).

Figura 2 Estrutura química das humulonas

Fonte: Durello et al., 2019

Na fração de resinas macias encontra-se também os beta ácidos, ácidos que contribuem também para amargor e uma fração de resinas macias não caracterizadas (ALMAGUER, 2014).

Os betas ácidos conhecidos como lupulonas apresentam semelhança em relação às humulonas, são nomeados de forma semelhante aos alfa-ácidos, denominados como lupulona, colupulona, adhupulona, prelupulona, poslupulona (DURELLO, 2019).

No quadro 1 está disponível a comparação entre a nomenclatura utilizada e os números de átomos. As lupulonas possuem propriedades antimicrobiana e atuam também como agentes antioxidantes (ALMAGUER, 2014; DURELLO, 2019).

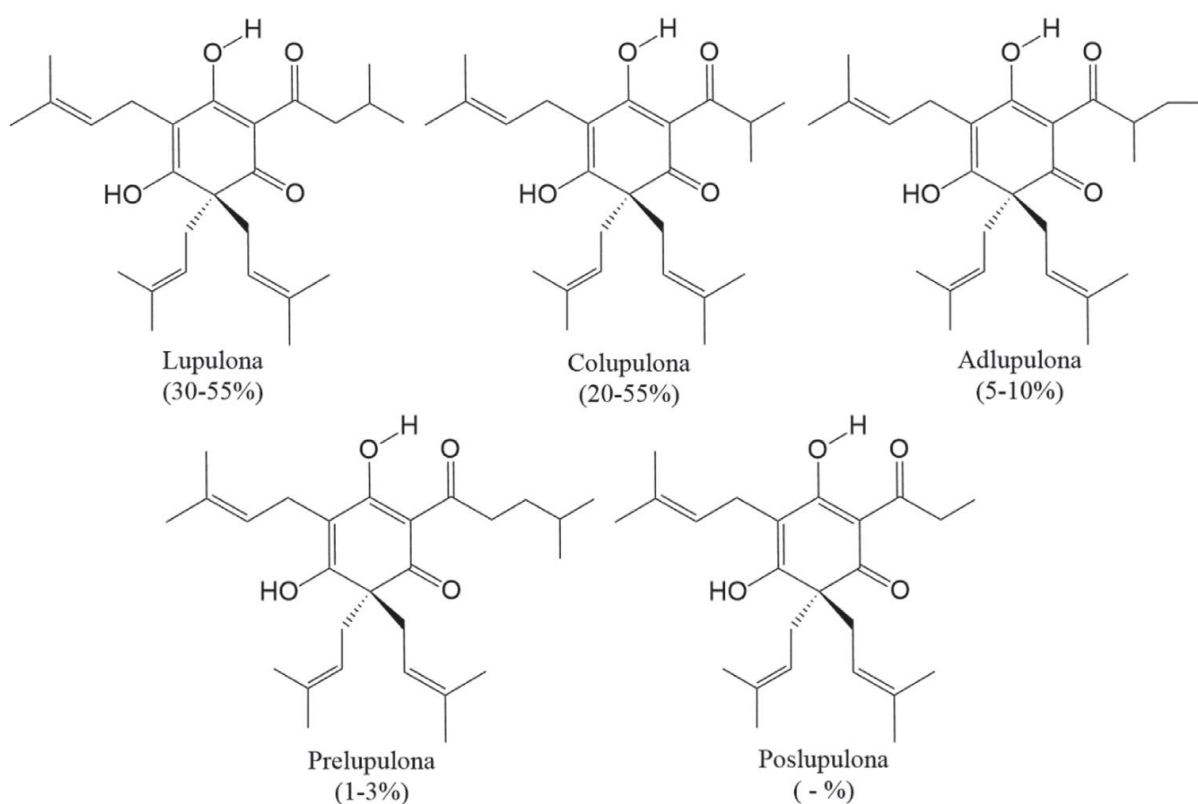
Quadro 1 fórmula química dos ácidos de amargor

Alfa ácidos	Fórmula química	Beta ácidos	Fórmula química
humulona	C ₂₁ H ₃₀ O ₅	lupulona	C ₂₆ H ₃₈ O ₄
cohumulona	C ₂₀ H ₂₈ O ₅	colupulona	C ₂₅ H ₃₆ O ₄
adhumoluna	C ₂₁ H ₃₀ O ₅	adhupulona	C ₂₆ H ₃₈ O ₄
pré humulona	C ₁₉ H ₂₆ O ₅	prelupulona	C ₂₄ H ₃₄ O ₄
post humulona	C ₂₂ H ₃₂ O ₅	poslupulona	C ₂₇ H ₄₀ O ₄

Fonte: elaborado pelo autor

Na figura 3 é possível avaliar a estrutura química das lupulonas, assim como os alfa ácidos seu arranjo é semelhante entre si, distintos apenas pelo número de átomo e posição (DURELLO, 2019).

Figura 3 Estrutura química das lupulonas



Fonte: Durello et al., 2019

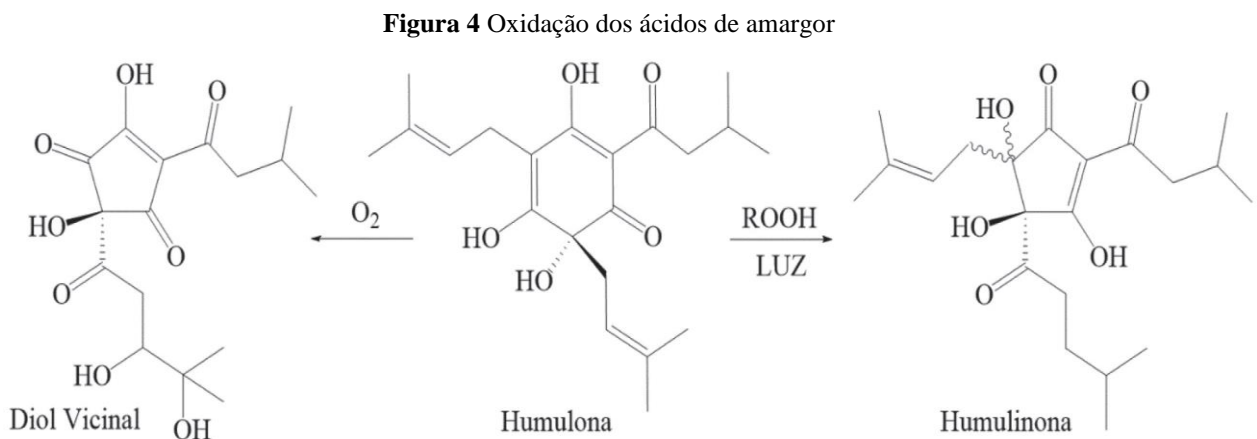
Comparando os alfa ácidos e os betas ácidos, este último é um ácido mais fraco em relação aos alfa ácidos. Os beta ácidos são mais hidrofóbicos, quase totalmente insolúveis em

meio líquido, estas características citadas, justificam os beta ácidos contribuírem menos se comparado aos alfa ácidos pois dessa forma a menos beta ácido dissolvido (ALMAGUER, 2014; DURELLO, 2019).

Os ácidos de amargor contribuem com a estabilidade microbiana das cerveja, inibindo o crescimento de cultura de bactérias gram positivas, assim como espécies de fungos e protozoários (ALMAGUER, 2014; DURELLO, 2019).

Os ácidos do lúpulo contribuem positivamente para a qualidade da espuma da cerveja, estabilizando os complexos presentes na espuma, juntamente com os iso alfa ácidos. Os ácidos de amargor possuem características de ácido fraco, atuam como agentes quelantes para cátions e atuam como antioxidante (ALMAGUER, 2014; DURELLO, 2019).

Os ácidos de amargor podem ser encontrados em duas formas oxidadas (figura 4), a primeira delas produto da oxidação espontânea dos ácidos, na presença de oxigênio, onde o anel de seis carbonos contrai-se em uma estrutura de cinco carbonos, conhecido como diol vicinal é a humulinona produto de oxidação radicalar ou luz. As humulinonas também contribuem para o teor de amargor das cervejas (DURELLO, 2019).



Fonte: Durello et al., 2019

O lúpulo utilizado na produção de cervejas é comumente utilizado durante o processo de fervura, e nas etapas seguintes, tais como fermentação e maturação. Durante o processo de ebulição os alfa ácidos sofrem uma reação de isomerização.

A isomerização é uma das reações mais importantes do processo cervejeiro, produzindo o iso-alfa ácido, responsável por conferir amargor para bebida, favorecida por temperaturas

próximas a 100°C. Além do tempo ao qual é submetido a esta temperatura, quanto maior a duração do processo de ebulição maior o índice de isomerização, mais alfa ácidos serão isomerizados (ALMAGUER, 2014; DURELLO, 2019).

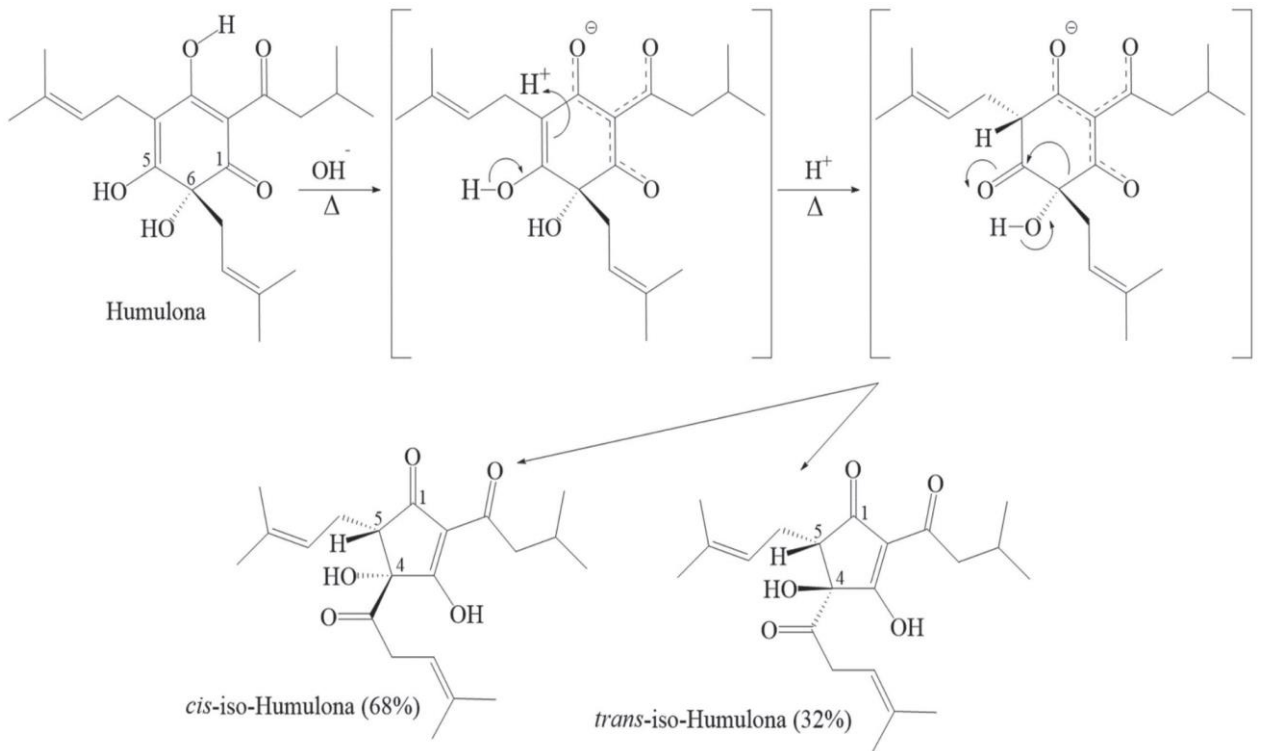
O amargor das cerveja é expresso pela unidade *International Bitterness Units* (IBU) esta unidade representa que 1 IBU corresponde a 1 mg de iso alfa ácido. A isomerização é influenciada por alguns fatores além da temperatura, como o pH e densidade do meio, tendo em vista que este último fator, quanto maior a densidade menor será a solubilidade dos iso-alfa ácidos (DURELLO, 2019).

Os alfa ácidos possuem baixa solubilidade em água, enquanto os iso-alfa ácidos são mais solúveis em água do que seus componentes não isomerizados. Cada alfa ácido isomeriza-se em dois pares de isômeros, produzindo assim dois diastereoisômeros, conferindo assim o caráter amargo (ALMAGUER, 2014; DURELLO, 2019).

Os cinco alfa ácidos darão origem a dez iso alfa ácidos, nomeados a partir deste ponto com os prefixos *cis* e *trans*, portanto do total de cinco alfa ácidos serão produzidos dez iso-ácidos de amargor. Deste dez produtos os compostos *cis*-alfa-ácidos contribuem mais fortemente para o caráter amargo da cerveja, em relação aos compostos *trans*-alfa-ácidos (ALMAGUER, 2014; DURELLO, 2019).

A figura 5 expressa o mecanismo de reação de isomerização, assim como também o favorecimento da produção com compostos *cis*, as duas estruturas possuem semelhanças estruturais diferindo pela posição da hidroxila no carbono quatro (ALMAGUER, 2014; DURELLO, 2019). Os compostos isomerizados colaboram também para a estabilidade da espuma (ALMAGUER, 2014; DURELLO, 2019).

Figura 5 Reação de isomerização

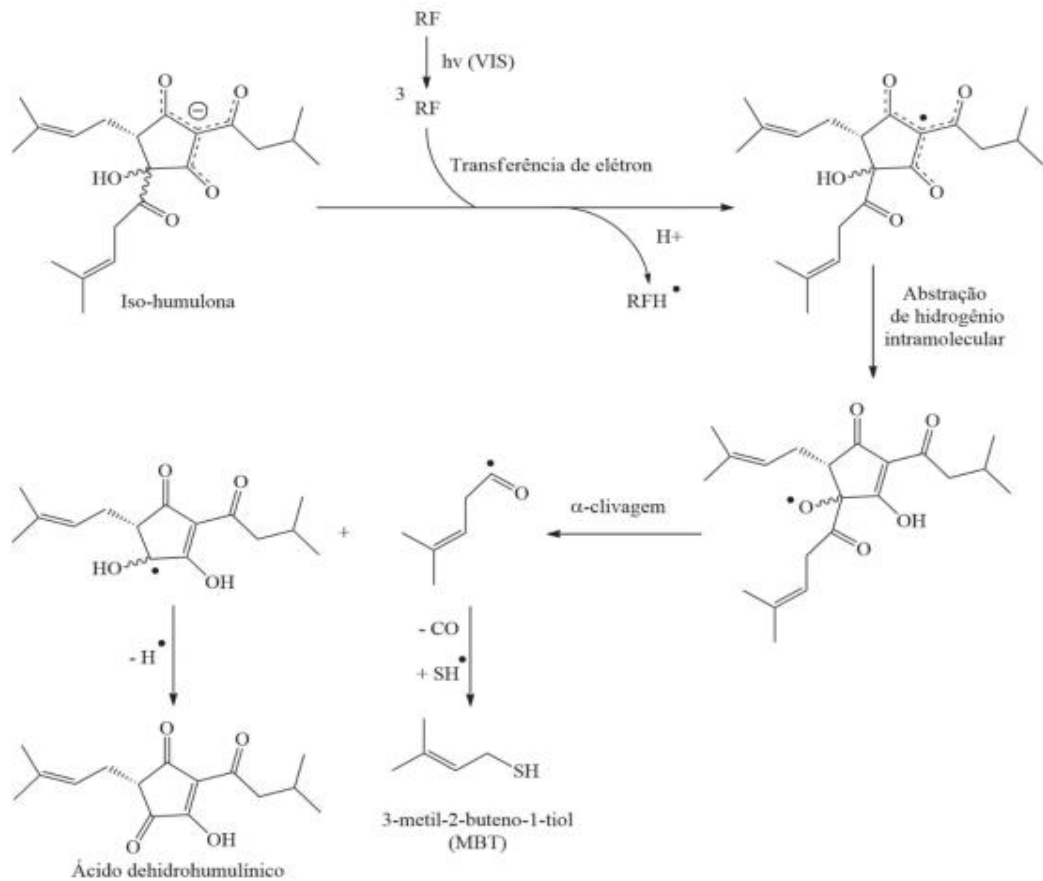


Fonte: Durello et al., 2019

As iso-humulonas são suscetíveis aos processos de foto oxidação, conhecido como “*light-struck*” (figura 6), onde juntamente com a presença de riboflavina, substância presente

em cervejas produz uma substância conhecida como (MBT) 3-metil-2-buteno-1-tiol, responsável por conferir um odor desagradável (DURELLO, 2019).

Figura 6 Formação de 3-metil-2-buteno-1-tiol

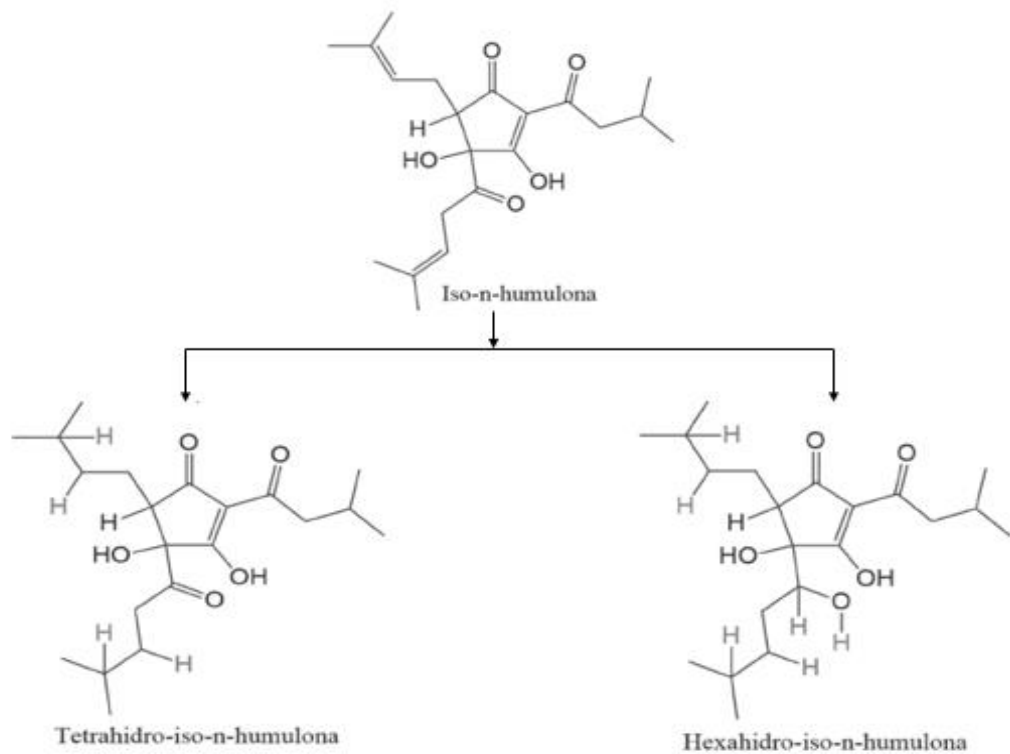


Fonte: Durello et al., 2019

Há também os iso-alfa ácidos reduzidos (figura7), denominados como tetrahydro-iso-n-humulona e hexahidro-iso-n-humulona. Substâncias mais hidrofóbicas em relação aos iso-alfa-ácidos, contribuindo melhor com a estabilidade da espuma e o amargor (DURELLO 2019).

As estruturas reduzidas são concebidas a partir de uma reação de hidrogenação, onde as ligações duplas no término das cadeias dos iso-alfa ácidos dão lugar à adição de hidrogênios. Estas características conferem à molécula melhor estabilidade, não suscetíveis a degradação fotoquímica, garantindo maior conservação para a bebida (DURELLO 2019).

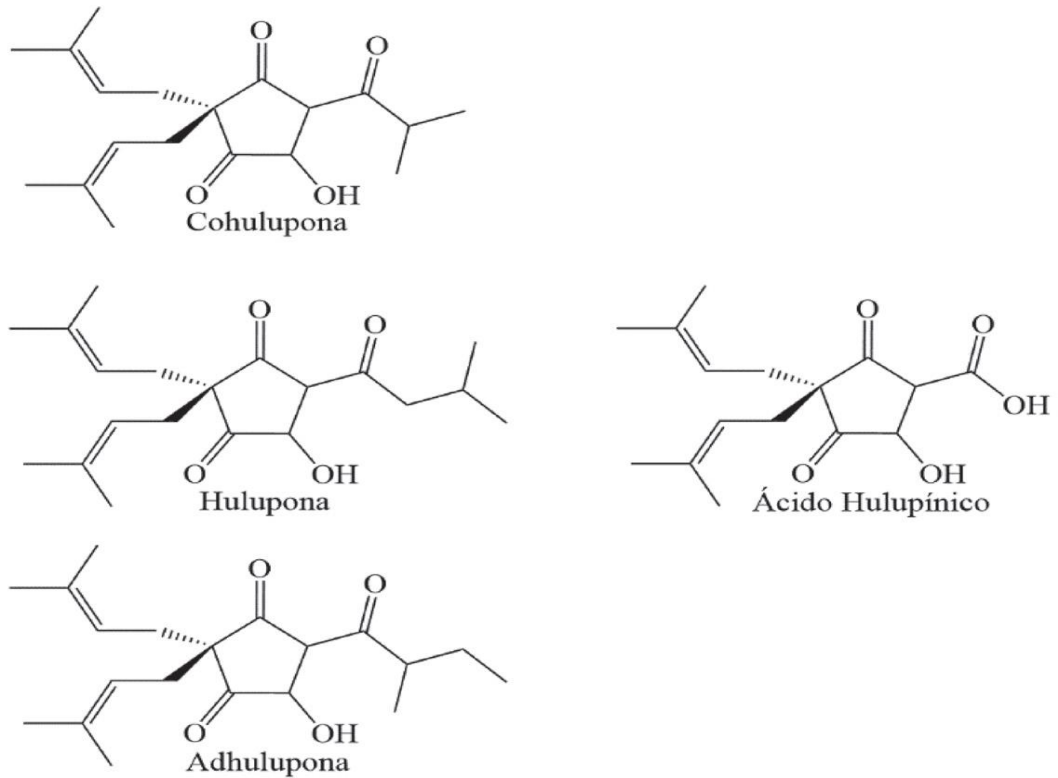
Figura 7 Iso-alfa ácidos hidrogenados



Fonte: Adaptado de Durello et al., 2019

Outra substância que contribui para o amargor da cerveja são as huluponas (figura 8). Tais substâncias contribuem em 5% aproximadamente para o amargor total da cerveja; sua origem é produto da oxidação intermediária dos beta-ácidos (DURELLO, 2019).

O processo final da oxidação dos beta-ácidos é o ácido hulupínico, este por sua vez não possui propriedades de contribuir com o amargor (DURELLO 2019).

Figura 8 Estrutura química das lupulonas

Fonte: Durello et al., 2019

As huluponas compreendem análogos dos beta-ácidos, nomeados de forma semelhante aos alfa-ácidos e beta ácidos (quadro 2) não são encontradas em lúpulos frescos, este fator pode ser associado ao grau de envelhecimento do lúpulo, são solúveis em água portanto agregam valor no índice de amargor (ALMAGUER, 2014; DURELLO, 2019).

Quadro 2 comparativo de nomenclatura dos ácidos

Alfa ácidos	beta ácidos	beta ácidos oxidados
humulona	lupulona	hulupona
cohumulona	colupulona	cohulupone
adhumoluna	adhupulona	adhulupone
pré humulona	prelupuluna	-
post humulona	poslupulona	-

Fonte : elaborado pelo autor

ÓLEOS ESSENCIAIS

Os cones de lúpulo exalam um aroma característico durante todo seu desenvolvimento até momentos após a colheita. Este aroma é produto dos óleos essenciais, compostos voláteis considerados componentes fundamentais (ALMAGUER, 2014) ; (DURELLO 2019).

Em função da característica volátil dos óleos essenciais, os lúpulos de aroma são utilizados no término da fervura e/ou durante a parte a frio (fermentação e maturação), minimizando a volatilização dos compostos. Os óleos essenciais conferem à cerveja diferentes aromas, além da contribuição referente ao aroma, há também a contribuição em sabor (ALMAGUER, 2014) ; (DURELLO 2019).

Os óleos essenciais são provenientes das glândulas de lupulina, representando um teor máximo de até 3% da massa do lúpulo. Para ser considerado óleo essencial pela legislação brasileira o produto deve ser de origem vegetal e ser obtido através de um método de extração. Os lúpulos ditos como aromáticos possuem baixo nível de compostos de amargor menor que 5% (DURELLO, 2019).

Os aromas conferidos pelo lúpulo podem ser descritos como fragrâncias florais, frutadas, cítricas, picantes, amadeirado e herbal. Assim como as resinas, os óleos são produzidos nas glândulas de lupulina, no entanto os óleos se desenvolvem em um estágio posterior em relação às resinas (ALMAGUER, 2014).

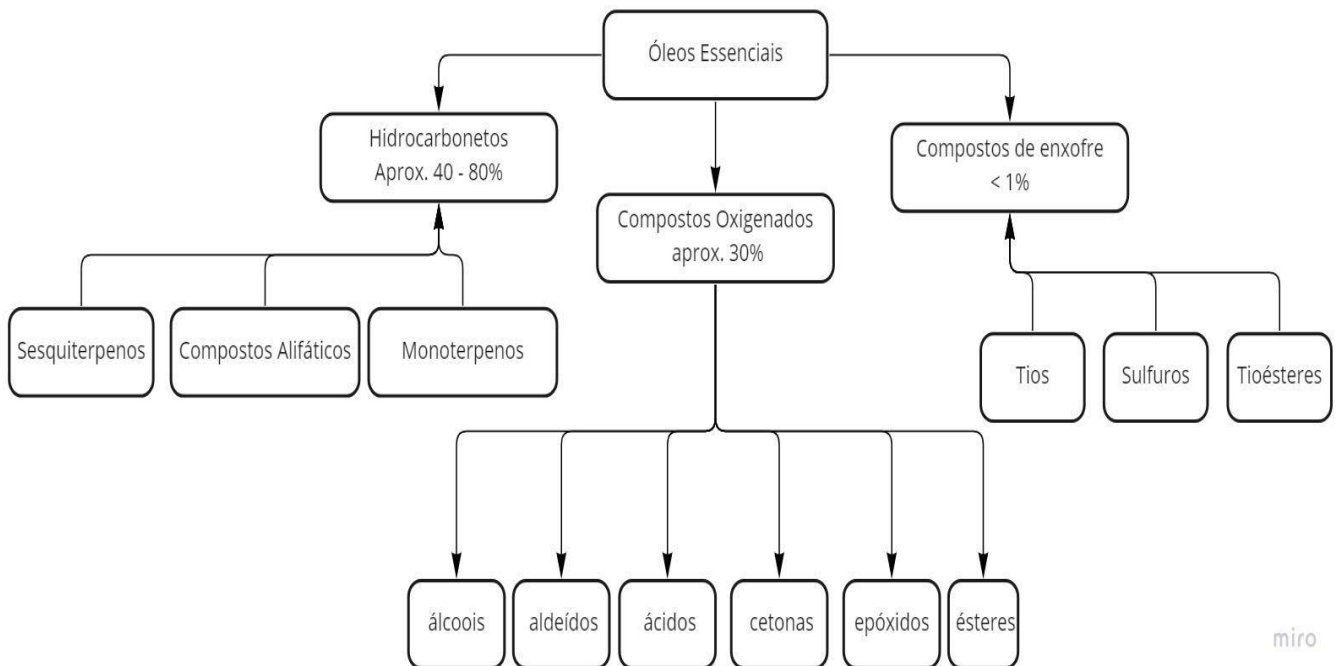
Estudos indicam que a produção de óleos ocorre após a produção de resinas e são produzidos até o momento da colheita, podendo estar presente na planta em até 3% de acordo com a variedade, este valor pode alterar-se em função de diferentes fatores, lúpulo, condições de crescimento, tempo de colheita (maturação), condições de secagem, oxidação, área de cultivo, idade, condições climáticas e condições de armazenamento (ALMAGUER, 2014).

Os óleos essenciais são classificados quimicamente em três grupos: hidrocarbonetos, compostos oxigenados e compostos sulfurados. Os hidrocarbonetos e os compostos oxigenados são as substâncias com maior teor e importância, a proporção destes óleos varia de acordo com as condições citadas anteriormente (ALMAGUER, 2014).

O envelhecimento do lúpulo altera também a composição do óleo, sendo responsável pelo aumento do teor de oxigenados favorecendo a diminuição do teor de hidrocarbonetos (ALMAGUER, 2014).

Os últimos estudos realizados referente aos óleos de lúpulos indicou a possível presença de mais de 1000 componentes diferentes, sendo que até 1990 havia sido categorizado 200 componentes, desconhecendo sua totalidade para a maioria das variedades de lúpulo (ALMAGUER 2014). A figura 9 exemplifica a variedade química dos compostos aromáticos que compõem os óleos essenciais.

Figura 9 Classificação química dos óleos essenciais



Fonte: Elaborado pelo autor a partir de Janish 2021 e Durelo 2019

Hidrocarbonetos

Os hidrocarbonetos se dividem em três grupos, alifáticos, monoterpenos e sesquiterpenos, os hidrocarbonetos são muito voláteis, sua solubilidade em água é muito baixa e durante o processo de ebulição na produção de cerveja é praticamente eliminado restando apenas vestígios no produto final (ALMAGUER, 2014).

Os hidrocarbonetos alifáticos podem ainda ser ordenados em uma combinação de isopreno e alcanos, este último variando entre o número de carbonos entre cinco e 17 carbonos (ALMAGUER, 2014).

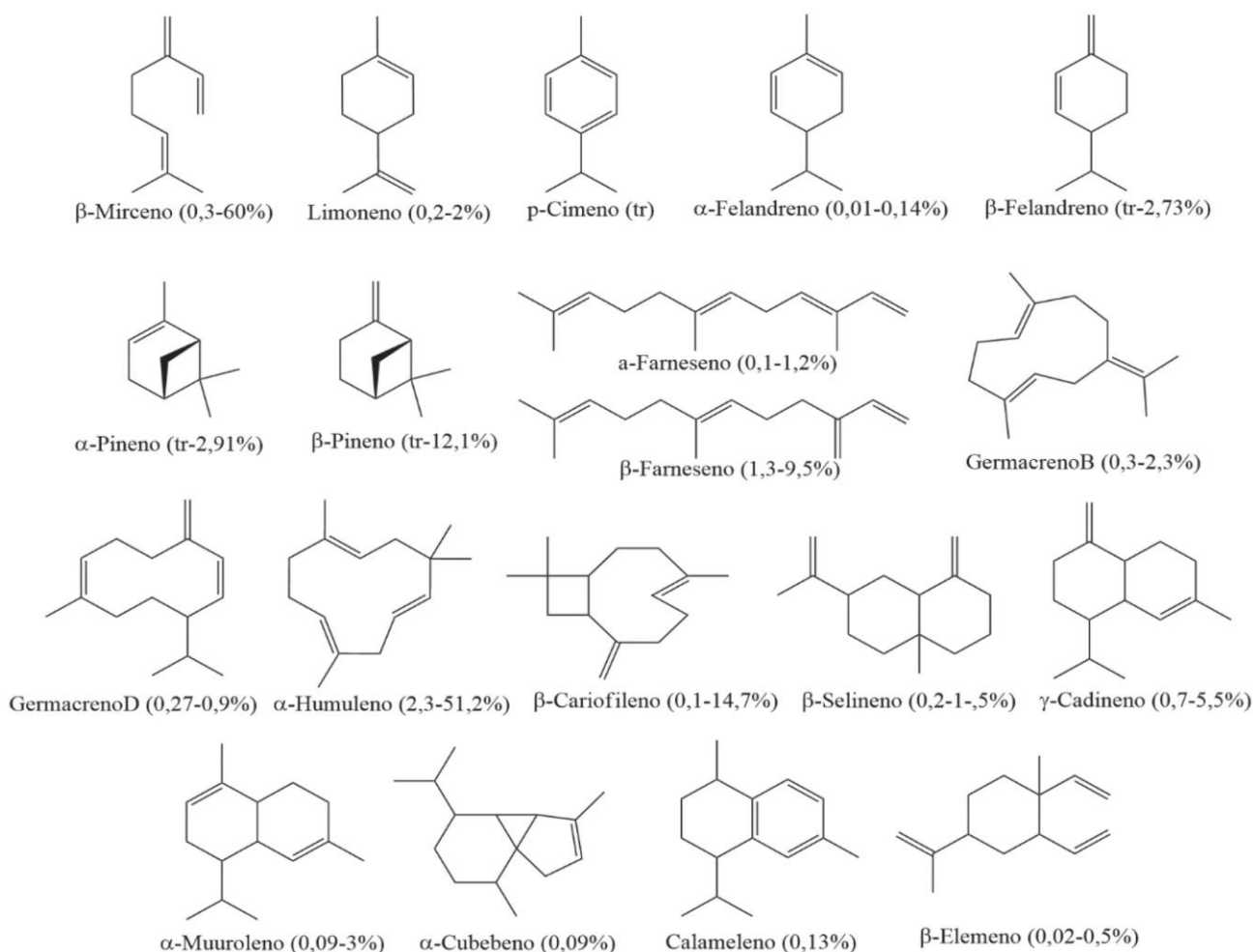
Os monoterpenos se dispõem entre acíclicos, monocíclicos e bi cíclicos, entre os monoterpenos o β -myrcene é considerado o mais importante e abundante dos óleos essenciais, responsável pelo aroma característico dos cones de lúpulo, logo depois em menores frações vem o ocimene, β -pineno, limoneno e p -cymene (ALMAGUER, 2014; DURELLO, 2019).

Os sesquiterpenos se assemelham aos monoterpenos em relação a variação de estruturas das substâncias, diferendo por conter estruturas tricíclicas (ALMAGUER, 2014; DURELLO, 2019).

Os compostos aromáticos possuem propriedades distintas entre si os sesquiterpenos possuem um ponto de ebulição maior em relação aos monoterpenos, os principais elementos da fração de sesquiterpenos são α -humulene, β -caryophyllene e β -farnesene, sendo este último encontrado em apenas algumas variedades (ALMAGUER, 2014; DURELLO, 2019).

O beta mirceno juntamente com α -humulene e β -caryophyllene correspondem a praticamente 90% dos óleos essenciais, a figura 10 traz os principais compostos aromáticos pertencentes aos hidrocarbonetos e a fração respectiva aos quais podem ser encontrados (ALMAGUER, 2014; DURELLO, 2019).

Figura 10 Estrutura química dos principais hidrocarbonetos



Fonte: Durello et. al 2019

Óleos essenciais oxigenados

Os óleos essenciais oxigenados correspondem em média de 30% do teor total de óleo essencial, possui uma maior complexidade em relação aos hidrocarbonetos, assim possuem um número maior de substâncias, entre álcoois, aldeídos, ácidos, cetonas, epóxidos e ésteres além das substâncias voláteis a também substâncias não voláteis (ALMAGUER, 2014; DURELLO, 2019).

Entre os álcoois é possível classificá-los entre álcoois terpenos, sesquiterpenos e alifáticos, seus principais representantes são o linalol, 2-metilbutanol, geraniol, nerolidol, nerol e terpineol. O linalol o mais abundante é considerado um dos maiores expoentes de aroma na cerveja final, quando não submetido ao processo de ebulição, conferindo aroma floral (ALMAGUER, 2014; DURELLO, 2019).

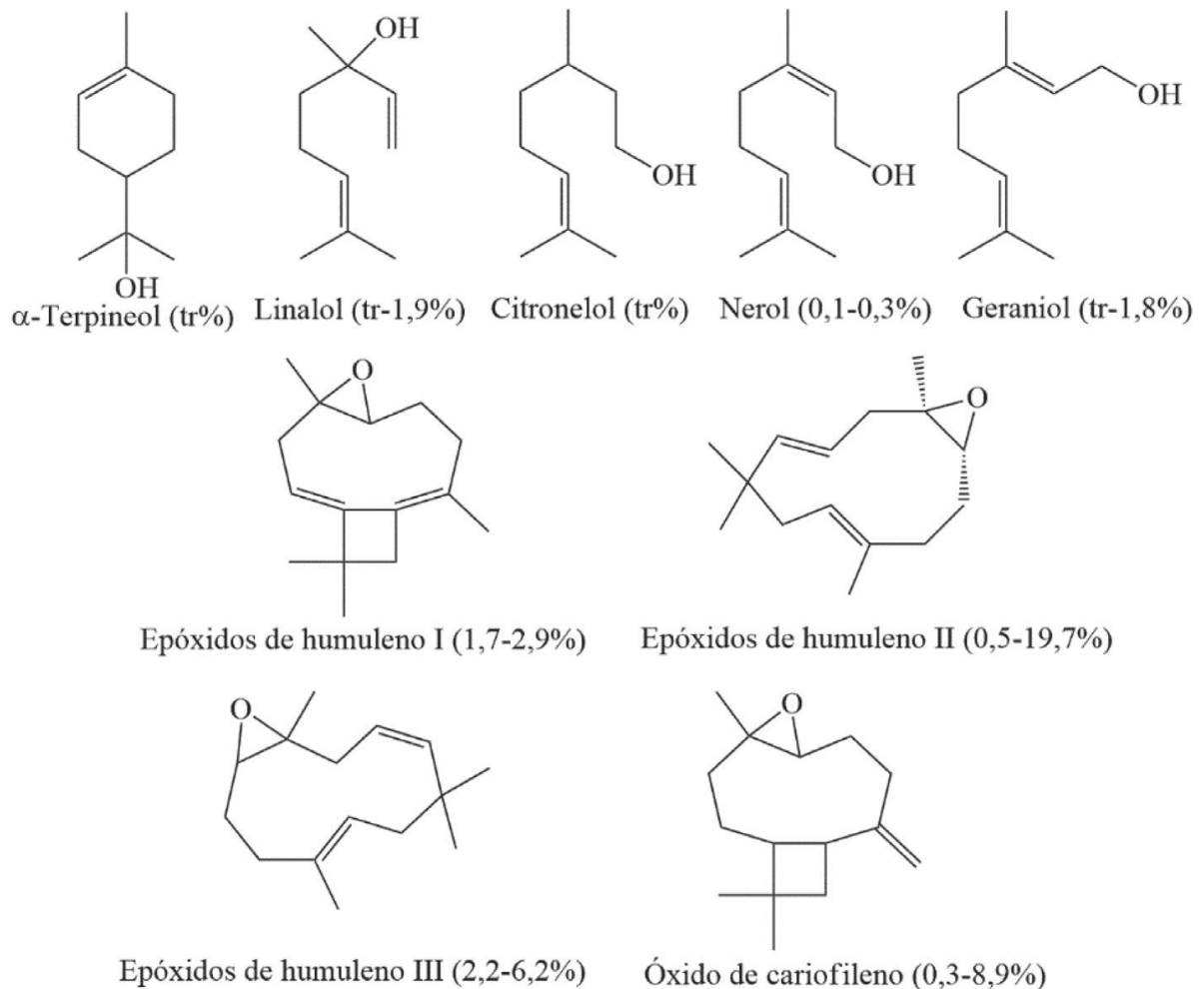
O linalol é um álcool terpênico é um dos componentes de maior importância entre os óleos oxigenados, responsável por conferir sabor a cerveja, atribuída por ser uma substância

polar contribuindo também para o caráter aromático juntamente com um sinergismo proveniente de geraniol (ALMAGUER, 2014; DURELLO, 2019).

Alguns compostos são produzidos pela oxidação das substâncias originais do lúpulo, ou seja, há compostos oxigenados nativos dos cones de lúpulo e substâncias desenvolvidas após a colheita dos cones (ALMAGUER, 2014).

Ao mesmo tempo em que algumas substâncias são identificadas ainda há um número de compostos a ser definido, a figura 11 traz os principais compostos na fração oxigenada dos óleos essenciais (ALMAGUER, 2014).

Figura 11 Estrutura dos principais compostos oxigenados



Fonte: Durello et. al 2019

Compostos de enxofre

Os compostos de enxofre presentes nos óleos essenciais do lúpulo são encontrados em valores extremamente baixos, se comparados com os hidrocarbonetos e compostos oxigenados, alguns podem ser avaliados como vestígio. Sua percepção na bebida pronta é excessivamente perceptível, dita como sabores e aromas indesejáveis relacionados a vegetais cozidos (ALMAGUER, 2014; DURELLO, 2019).

Alguns componentes sulfurados foram caracterizados, a substância que mais recebe atenção atualmente trata-se do 4-mercapto-4-metil pentano-2-1, com baixo limiar de percepção na cerveja, não está presente em todas as variedades de lúpulo, limitado ainda pela região de cultivo pois as mesmas variedades cultivados em diferentes regiões pode apresentar ou não tais substâncias (ALMAGUER, 2014).

POLIFENÓIS

Os polifenóis representam uma parcela de substâncias presentes no lúpulo, correspondem a mais ou menos 4%. Com exceção do xanthohumol presente nas glândulas de lupulina os polifenóis encontram-se nas folhas e no centro do cone do lúpulo (DURELLO, 2019).

Alguns polifenóis são exclusivos das plantas de lúpulo, não sendo encontrados em outras plantas. Sua estrutura macro é composta por um anel aromático e dois grupos hidroxilas figura 11 (ALMAGUER, 2014). Assim como outros compostos, sua composição é variada sendo influenciada por diversos fatores já citados, os cones de lúpulo envelhecidos possuem um teor maior de polifenóis em relação a plantas jovens (ALMAGUER, 2014).

O teor de polifenóis varia também de acordo com o uso do lúpulo, ou seja, lúpulos com alto teor de ácidos de amargor possui níveis menores de polifenóis do que lúpulo com alto teor de óleos essenciais que possui também índices maiores de polifenóis (ALMAGUER, 2014).

Os polifenóis atuam como antioxidantes naturais para a cerveja, pois são facilmente oxidados no lugar de outras substâncias, atuando também como quelantes metálicos e interagindo com radicais livres preservando a bebida (ALMAGUER, 2014; DURELLO, 2019).

Durante o processo de produção de cervejas os polifenóis são submetidos a um processo de polimerização, contribuindo assim juntamente com o caráter amargo, adicionalmente em excesso essas substâncias conferem adstringência, atribuída a uma possível interação entre as proteínas da saliva e os polifenóis presentes na bebida (ALMAGUER, 2014; DURELLO, 2019).

As propriedades dos polifenóis podem ser relacionadas à dimensão da sua estrutura molecular. Os polifenóis de baixo peso molecular possuem propriedades antioxidantes, enquanto os compostos de alto peso molecular são responsáveis pela interação proteína polifenol, favorecendo a formação e estabilidade da espuma. Cervejas produzidas com altas quantidades de lúpulo conferem turbidez para a bebida (ALMAGUER, 2014; DURELLO, 2019).

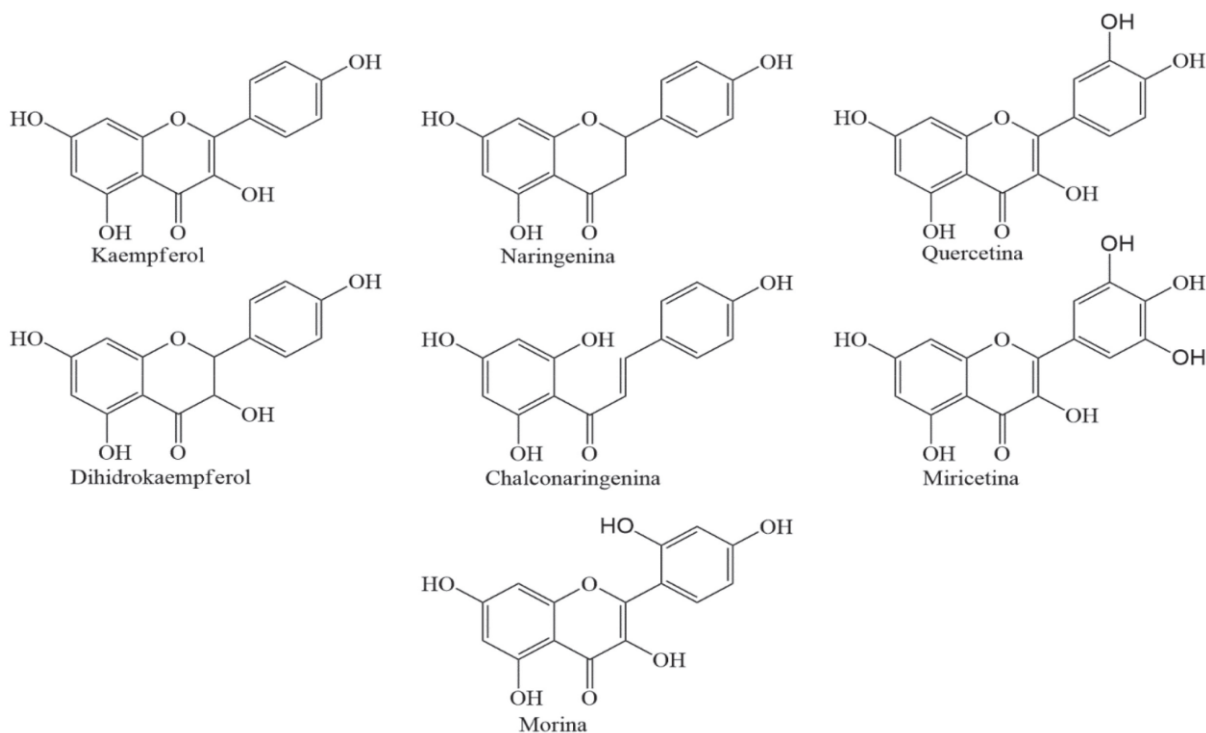
As substâncias do grupo dos polifenóis são extensas, diversos componentes foram caracterizados ao longo dos anos, estudos relacionam os polifenóis isolados a diversos benefícios inclusive para a saúde. É possível agrupar os polifenóis em quatro grupos, flavonóides, flavan-3-ols, ácidos carboxílicos fenólicos e outros polifenóis (ALMAGUER, 2014).

Flavonóides

O grupo dos flavonoides (figura 12) é um conjunto com grande variedade e boa compreensão de suas propriedades, possuem ação bactericida, fungicida, atuam na captação de radiação UV, fazendo parte também do sistema de reprodução das plantas. Os flavonoides encontrados no lúpulos são as formas glicosiladas (DURELLO, 2019).

As quatro substâncias mais relevantes entre os flavonoides são a quercetina, kaempferol, morina e miricetina. Destas quatro substâncias a quercetina possui melhor capacidade antioxidantes e o kaempferol é polifenol mais abundante em lúpulos de uso aromáticos (ALMAGUER, 2014).

Figura 12 Principais flavonoides presentes no lúpulo



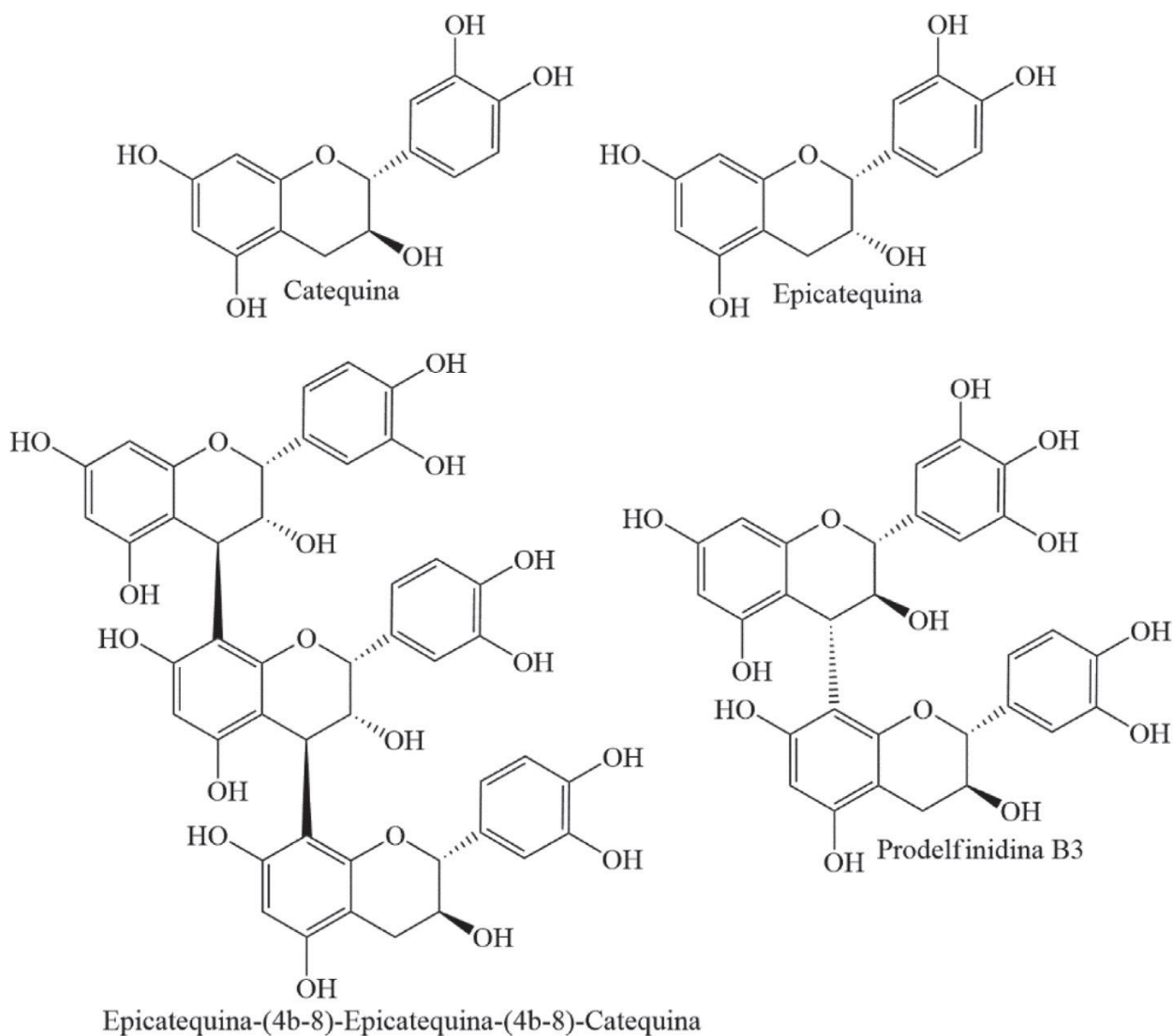
Fonte: Durello et. al 2019

Flavan-3-óis

Entre os flavan-3-óis as substâncias relevantes são a catequina e epicatequina (figura 13, responsáveis pela presença de taninos na cerveja, oriundo da condensação destas substâncias (ALMAGUER, 2014; DURELLO, 2019).

Estão presentes no lúpulo a valores máximos de 0,3%, sendo as substâncias mais comuns de serem encontradas no lúpulo. Além da reação de condensação responsável pela formação dos taninos há também a possibilidade destas substâncias formar oligômeros ou polímeros conhecidos como proantocianidinas (ALMAGUER, 2014; DURELLO, 2019).

Figura 13 Principais Flavan-3-óis



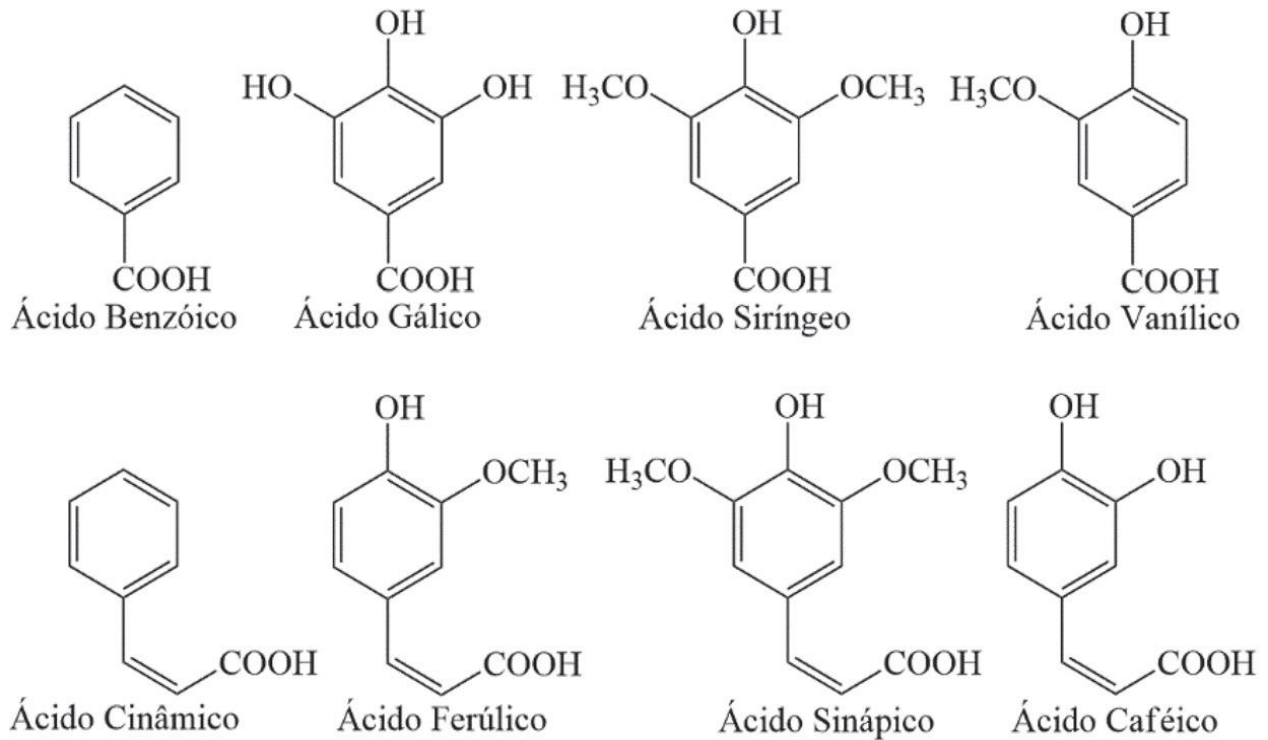
Fonte: Durello et. al 2019

Ácidos fenólicos

Os ácidos fenólicos no lúpulo podem ser encontrados na forma livre como também na forma glicosilada, possuem como característica macro a presença de uma carboxila e grupo fenólico em sua estrutura, sua estrutura difere pela posição dos substitutos do anel aromático, sua proporção no lúpulo é pequena menor que 0,03% (ALMAGUER, 2014; DURELLO, 2019).

As substâncias de maior presença entre os ácidos fenólicos são os ácidos hidroxicinâmicos tais quais são ácidos cafeico, ácido ferúlico e ácido sinápico, sua estrutura difere pela posição dos substitutos do anel aromático (figura 14) (ALMAGUER, 2014; DURELLO, 2019).

Figura 14 Principais ácidos fenólicos do lúpulo



Fonte: Durello et. al 2019

Outros polifenóis

O grupo representado pelos outros polifenóis são constituídos pelos multíftidos glicosilados com teores abaixo de 0,5%. Substâncias polares solúveis em água, facilmente perceptível na percepção de gosto amargo das bebidas, contribuindo para o amargor da cerveja (ALMAGUER, 2014).

Os estilbenos também estão presentes no lúpulos, tal substancia também se faz presente em vinhos, é associada aos estilbenos propriedades cardiopretetivos, as substâncias que representam esta classe são *trans*-resveratrol e *cis*-resveratrol (DURELLO, 2019).

OPORTUNIDADES PARA EXPLORAR A TEMÁTICA DO COMPONENTE LÚPULO, NO ÂMBITO DO ENSINO DE QUÍMICA

As bases da educação nacional, por meio de leis passaram a vigorar com algumas modificações no ensino médio. A carga horária anual obrigatória de 800 horas passa para 1000 horas, podendo atingir 1800 horas, concomitantemente ocorre a expansão do ensino médio, na modalidade integral, aumentando a oferta nas escolas (BRASIL, 2017).

O novo ensino médio como é chamado, atualmente, traz em seu escopo um sistema de ensino dividido em áreas de conhecimento, com a proposta de proporcionar ao aluno a formação norteada pelos itinerários formativos (BRASIL, 2017).

Os itinerários formativos devem ser construídos baseando-se em quatro eixos estruturantes¹: investigação científica, processos criativos, mediação e intervenção sociocultural e empreendedorismo que propõem oportunidades de aprendizagem e encaminhamentos (SÃO PAULO, 2020).

Os itinerários formativos se dividem em cinco áreas: linguagens e suas tecnologias, matemáticas e suas tecnologias, ciências da natureza e suas tecnologias, ciências humanas e sociais aplicadas e por último a formação técnica e profissional (BRASIL, 2017).

O currículo paulista de ensino, de forma progressiva amplia a carga horária conforme definido em lei juntamente com ensino médio integral. A implementação do currículo prevê a conclusão da implementação para todas as séries em 2023 (SÃO PAULO, 2020).

O primeiro eixo "investigação científica" contempla a educação científica do estudante, alinhado às expectativas do aluno, desenvolvendo habilidades de indagação (SÃO PAULO, 2020).

Os processos criativos devem trabalhar a criatividade do discente, deixando livre para expor suas ideias, desenvolver atuações em toda extensão social, desenvolver projetos investigativos por meio da ciências da natureza e suas tecnologias (CNT) (SÃO PAULO, 2020).

A mediação e intervenção sociocultural por meio da ciências da natureza e suas tecnologias (CNT), propõe estudos de situações problema e interações com a comunidade em geral. O eixo referente ao empreendedorismo não se limita a desenvolver um bem ou negócio, passa também pelo desenvolvimento do estudante, seja no âmbito profissional ou pessoal (SÃO PAULO, 2020).

¹https://efape.educacao.sp.gov.br/curriculopaulista/wp-content/uploads/2023/02/CURR%C3%8DCULO-PAULISTA-etapa-Ensino-M%C3%A9dio_ISBN.pdf

O ensino de química pertence ao itinerário (CNT), estruturado em três unidades temáticas: Matéria e Energia (ME), Vida, Terra e Cosmos; Tecnologia e Linguagem Científica (TLC) (SÃO PAULO, 2020).

O estudo das transformações químicas faz parte da temática matéria e energia, seu objetivo é entender a natureza das transformações, perigos, possibilidades e impacto ambiental agregando valores para a indústria. A unidade vida, terra e cosmos trabalha junto ao aluno os primórdios da vida e desenvolvimento, avaliando possíveis consequências no ecossistema atuando para encontrar resultados sustentáveis.

O ensino de química em tecnologia e linguagem científica assume o papel investigativo trazendo soluções para o meio ambiente, melhorando qualidade de vida, assim como também introduzindo a produção científica como um todo (SÃO PAULO, 2020).

O caráter investigativo torna-se fundamental para o estudo do lúpulo, trazendo proximidade entre os alunos e o tema, contribuindo na compreensão do seu uso na produção de cervejas, abrindo novas possibilidades de aplicação.

Experiências de ensino

Durante o estágio supervisionado em química vivenciado em 2020 e 2021 junto ao Programa de Residência Pedagógica (PRP)², foram assistidas remotamente, pelo contexto da pandemia, aulas de química junto às turmas de educação de jovens e adultos (EJA).

Esta vivência proporcionou algumas considerações: de acordo com as aulas presenciadas neste contexto, o material de ensino utilizado nas aulas era uma transcrição e/ ou aproveitamento de material didático, utilizado para o ensino regular.

Os alunos da (EJA) além de sua vida escolar somam outras atividades durante o dia, experiências de ensino que performam-se distantes da realidade dos alunos podem soar para os mesmos como ambientes de aprendizagem desinteressantes.

Durante o PRP foi possível direcionar ambientes de aprendizagem voltados para os alunos, desenvolvendo assim atividades e aulas planejadas para os alunos. Alguns resultados obtidos indicaram que, aulas onde havia contextualização com elementos do cotidiano dos alunos ou traziam explicação e aplicação de conceitos, conseguia-se atrair a atenção dos alunos, agregando significado para a aprendizagem de química.

² **BRASIL. Ministério da Educação. Programa de Residência Pedagógica.** Disponível em: <https://www.gov.br/capes/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/educacao-basica/programa-residencia-pedagogica>. Acesso: 28 fev 2023.

Fazendo uso destes saberes adquiridos, passa-se a pensar sobre a química do lúpulo, buscando sinalizar oportunidades de ensino para o ensino de química em ambas as modalidades de ensino.

O lúpulo e as aulas de química

O lúpulo proporciona oportunidades investigativas diversas; os quatro eixos estruturantes podem ser relacionados para aulas de química.

O empreendedorismo se faz muito presente neste contexto. O lúpulo é um cultivar recente no Brasil é possível estimar iniciativas relacionadas ao cultivo do lúpulo, conhecer as áreas de cultivo pelo país, empresas nacionais que caracterizam o produto, assim como também direcionar momentos de investigação compreendendo a natureza química do lúpulo, contribuindo no entendimento de startup.

A investigação científica permeia toda a química de lúpulo, com oportunidades de estudos dirigidos, compreender as reações de oxidação, isomerização, condensação, assim como também o porquê das classificações até então atribuídas.

Entender a natureza dos compostos de amargor, sua categorização como ácidos e as características de conservante contribuem também em momentos de investigação buscando compreender sua natureza e mecanismo de ação. Estes conceitos podem ser estudados dentro da unidade temática ME e TLC.

Os óleos essenciais do lúpulo além da investigação científica podem ser explorados dentro dos processos criativos, sendo o lúpulo uma planta aromática, poderia ser estudado outras aplicações para seu aroma além do uso na produção de cervejas, trazendo junto aspectos do empreendedorismo, com potencial para ser lecionado em TLC.

Os polifenóis assim como os outros grupos citados trazem oportunidades dentro da unidade temática ME e TLC, assim como os ácidos de amargor possuem propriedades de conservantes, possui interações moleculares características. O xanthohumol se apresenta como um dos polifenóis que mais recebe atenção, estudos dirigidos sobre este componente podem fornecer elementos investigativos, aliado às perspectivas de empreendedorismo e as unidades temáticas ME e TLC.

Para o terceiro eixo estruturante, mediação e intervenção é possível trazer aspectos de ensino interdisciplinar, propor o cultivo da planta em hortas das escolas e comunidades, não se limitando apenas à química. Propor iniciativas para que uma pequena produção na comunidade

forneça o insumo para uma cervejaria local, para uma perfumaria local, a oportunidade da criação de uma startup para atender essa demanda.

Para o ensino de EJA as mesmas considerações acima podem ser atribuídas, buscando um direcionamento específico. A cerveja é uma bebida produzida para a população adulta, fornece elementos de compreensão, buscando explorar a produção da bebida, uma aproximação entre a química e o cotidiano da vida adulta, oferecendo associações entre os aromas da bebida, o amargor e o ingrediente responsável por tais características. Indo adiante é possível trazer aspectos sociais como o alcoolismo e uso de bebidas e direção também podem complementar o ambiente de aprendizagem.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O início do levantamento bibliográfico proporcionou algumas considerações iniciais sobre o tema, o número de publicações internacionais é vasto, explorando diversos eixos tecnológicos desde técnicas de caracterização, produção, cultivo e estudos individuais sobre as substâncias presentes no lúpulo.

O objetivo inicial da pesquisa tinha o intuito de apresentar e explorar a variedade química das substâncias constituintes do lúpulo, explanar a literatura internacional e expandir a produção nacional, relacionar oportunidades de ensino e investigação. Ao olhar estritamente para a composição química do lúpulo há um afinamento nos resultados encontrados, indicando estudos separadamente das substâncias presentes em sua composição.

O lúpulo é importantíssimo no resultado da bebida, sua composição química e variedade dos componentes possui uma imensa variedade, a literatura internacional compreende um grande acervo de estudos, enquanto a literatura nacional apresenta menos resultados.

O lúpulo é um ingrediente fundamental na produção de cerveja, é possível dizer que sem lúpulo não se tem cerveja. A cultura cervejeira no Brasil segue em expansão, iniciativas como a popularização de cervejas artesanais impulsionam este segmento.

A qualidade dos ingredientes é parte fundamental na obtenção de boas bebidas, cada vez mais a busca por opções de qualidade e rentáveis se torna necessário. O lúpulo majoritariamente um produto de exportação começa atingir novos patamares agora que em solo brasileiro, seu cultivo abre novas possibilidades.

Os alfa ácidos e beta ácidos são de extrema importância para o processo de produção de cervejas, influenciam na qualidade da bebida, seus produtos de reações também influem

diretamente na cerveja final, seja de forma positiva ou negativa, indo além da contribuição com amargor, como também estabilidade e qualidade da espuma.

Os óleos essenciais são produtos de extrema importância para os cervejeiros, possui uma diversidade química, proporcionam diferentes aromas e sabores para cerveja, extremamente importante para a ciência cervejeira.

Os polifenóis, diferentemente dos grupos anteriores, não recebem interpretação econômica em relação ao seu percentual na planta, sua aplicação na cerveja contribui com propriedades antioxidantes, contribuem com o IBU e qualidade da espuma da cerveja, auxiliam na conservação da bebida. A família dos polifenóis assim como os ácidos de amargor e óleos essenciais contribui para a qualidade da cerveja, assim como os ácidos melhoram a qualidade da espuma, o tamanho de suas moléculas interage com o paladar e com a turbidez da cerveja.

A compreensão do lúpulo é parte importantíssimo a ser desenvolvida, contribuindo na expansão do segmento, quantificar os compostos presentes no lúpulo nacional proporcionará comparativos em relação ao produto de exportação, assim expandindo as técnicas de cultura, caracterização e quantificação. Compreender os mecanismos das reações dos constituintes do lúpulo fornecerá novos elementos investigativos.

Os ácidos de amargor e os óleos essenciais são mais explorados quando comparados aos polifenóis, isto por sua vez pode ser relacionado ao nível de atenção que estes componentes recebem. Estudar ambos os componentes agregam qualidade ao produto e expansão dos estudos nacionais.

A pesquisa referente ao lúpulo é bem disseminada nos países considerados produtores tradicionais, isto por sua vez contribui para o cultivo nestas regiões e a produção científica, proporcionando um ciclo de desenvolvimento. O Brasil um dos líderes de produção de cerveja com grande extensão territorial pode se equiparar às demais regiões produtoras, estudar o lúpulo é parte importante neste avanço, o ensino de química a partir da química do lúpulo traz oportunidades investigativas importantes, contribui no envolvimento social junto à comunidade, trazendo consigo oportunidades de empreendedorismo.

Assim, as relações possíveis entre o ensino de química se fazem muito significativas, além de expandir o segmento, atingindo novos públicos é possível contribuir também para novas iniciativas de pesquisa, as mesmas relações de estudos podem ser desenvolvidas em nível acadêmico.

REFERÊNCIAS

ALMAGUER, C. et al. Humulus Lupulus – a story that begs to be told. A review. **Institute of Brewing & Distilling** n. 120, set. 2014. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jib.160>. Acesso: 21 out 2022.

BRASIL. Lei nº 13.415, de 16 de fevereiro de 2017. Altera as Leis nos 9.394, de 20 de dezembro de 1996, que estabelece as diretrizes e bases da educação nacional, e 11.494, de 20 de junho 2007, que regulamenta o Fundo de Manutenção e Desenvolvimento da Educação Básica e de Valorização dos Profissionais da Educação, a Consolidação das Leis do Trabalho CLT, aprovada pelo Decreto-Lei no 5.452, de 1o de maio de 1943, e o Decreto-Lei no 236, de 28 de fevereiro de 1967; revoga a Lei no 11.161, de 5 de agosto de 2005; e institui a Política de Fomento à Implementação de Escolas de Ensino Médio em Tempo Integral. Portal da Legislação, Brasília, 16 fev. 2017. **Diário Oficial da União** Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/publicacoes-para-professores/30000-uncategorised/40361-novo-ensino-medio-duvidas#:~:text=E%20o%20que%20s%C3%A3o%20os,poder%C3%A3o%20escolher%20o%20ensino%20m%C3%A9dio>. Acesso: 02 jan 2023

BRASIL. Portaria nº 727, de 13 de junho de 2017. **Diário Oficial da União**, Brasília, Seção 1, p. 21, 13 jun. 2017a. Disponível em: <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:e2w7mJsz5IAJ:https://www.sed.sc.gov.br/documentos/ensino-medio/documentos-ensino-medio/7265-portaria-n-727-de-13-de-junho-de-2017&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br> Acesso: 02 jan 2023

CORTELLA, M. S. [S. l.: s. n.], 2018. 1 vídeo (2:45 min.). Publicado pelo canal Canal do Cortella. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=dd1bsHYYqjg>. Acesso: 25 jan 2023.

DURELLO, R. S. SILVA, L. M. BOGUSZ JR., S. Química do lúpulo. **Química Nova**, São Carlos v. 42, n.8, jul./set. 2019. Disponível em: <http://static.sites.sbq.org.br/quimicanova.sbq.org.br/pdf/RV20190148.pdf>. Acesso: 02 dez 2022.

DURELLO, R. S. **Química do sabor de cervejas: detalhes moleculares de lúpulos (Humulus lupulus) cultivados no Brasil no processo cervejeiro**. 2019. Dissertação (Mestrado em Química Analítica e Inorgânica) - Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2019. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/75/75135/tde-03072019-104531/pt-br.php> Acesso: 02 dez 2022.

FACHIN, O. **Fundamentos de metodologia**. 5 ed. São Paulo: Saraiva, 2006. Disponível em: <http://static.sites.sbq.org.br/quimicanova.sbq.org.br/pdf/RV20190148.pdf>. Acesso: 11 out. 2022.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2002. Disponível em https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/150/o/Anexo_C1_como_elaborar_projeto_de_pesquisa_-_antonio_carlos_gil.pdf. Acesso: 11 out. 2022.

HIERONYMUS, S. **Lúpulo guia prático para o aroma, amargor e cultivo de lúpulos**. 2. ed. Minas Gerais: Belo Horizonte, 2020. 320p. (Coleção Brewing Elements Series)

JANISH, S. **A nova IPA um guia científico sobre o aroma e sabor do lúpulo**. Rio Grande do Sul: Porto Alegre, 2021. 320p.

LAKATOS, E. M. MARCONI, M. A. **Fundamentos de metodologia científica**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2010. Disponível em: http://docente.ifrn.edu.br/olivianeta/disciplinas/copy_of_historia-i/historia-ii/china-e-india/view. Acesso: 21 de out 2022.

LIMA, T. C. S. MIOTO, R. C. T. Procedimentos metodológicos na construção do conhecimento científico: a pesquisa bibliográfica. **Katálysis**, v. 10, n. esp. 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rk/a/HSF5Ns7dkTNjQVpRyvhc8RR/abstract/?lang=pt>. Acesso: 21 out 2022.

SÃO PAULO. Secretaria da Educação do Estado de São Paulo. União dos Dirigentes Municipais de Educação do Estado de São Paulo. **Currículo Paulista** (Volume 2). São Paulo: SEE-SP/UNDIME-SP, 2020. Disponível em: <https://efape.educacao.sp.gov.br/curriculopaulista/>. Acesso: 09 jan. 2022.