

Série
Produtor Rural

nº 68



A cultura do lúpulo

Marcel Bellato Spósito
Rodrigo Veraldi Ismael
Caio Moraes de Alcântara Barbosa
André Luiz Tagliaferro

Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"
Divisão de Biblioteca

ISSN 1414-4530

Universidade de São Paulo - USP

Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - ESALQ

Divisão de Biblioteca - DIBD

Marcel Bellato Spósito ¹

Rodrigo Veraldi Ismael ²

Caio Moraes de Alcântara Barbosa ³

André Luiz Tagliaferro ⁴

¹ Professor Associado - Departamento de Produção Vegetal - ESALQ/USP -
mbsposito@usp.br

² Engenheiro Agrônomo - Proprietário do Viveiro Frutopia -
r.veraldi@terra.com.br

³ Doutorando do Programa de Pós Graduação em Fitotecnia - ESALQ/USP -
caio.moalbar@usp.br

⁴ Engenheiro Agrônomo - Mestre em Ciências - CENA/USP -
andre.tagliaferro@gmail.com

A cultura do lúpulo

Série Produtor Rural - nº 68

DOI: 10.11606/9786587391892

Piracicaba
2019

DIVISÃO DE BIBLIOTECA - DIBD

Av. Pádua Dias, 11 - Caixa Postal 9

13418-900 - Piracicaba - SP

biblioteca.esalq@usp.br • www.esalq.usp.br/biblioteca

Revisão e Edição Eliana Maria Garcia

Foto Capa Marcel Bellato Spósito

Layout Capa José Adilson Milanêz

Editoração Eletrônica Maria Clarete Sarkis Hyppolito

Impressão e Acabamento Serviço de Produções Gráficas - ESALQ

Tiragem 300 exemplares

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação DIVISÃO DE BIBLIOTECA - ESALQ/USP

A cultura do lúpulo / Marcel Bellato Spósito ... [et al.] -- Piracicaba: ESALQ -
Divisão de Biblioteca, 2019.

81 p. : il. (Série Produtor Rural, nº. 68)

Bibliografia.

ISSN: 1414-4530

ISBN:978-65-87391-89-2

DOI: 10.11606/9786587391892

1. Lúpulo I. Spósito M.B. II. Ismael R.V. III. Barbosa, C.M. de A. IV. Tagliaferro,
A.L. V. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - Divisão de Biblioteca VI.
Título VII. Série

CDD 633.82

C968

Elaborada por Maria Angela de Toledo Leme - CRB-8/3359

Esta obra é de acesso aberto. É permitida a reprodução
parcial ou total desta obra, desde que citada a fonte e a
autoria e respeitando a Licença Creative Commons



SUMÁRIO

1. A IMPORTÂNCIA DO LÚPULO _____	5
2. CLASSIFICAÇÃO TAXONÔMICA _____	7
3. HISTÓRIA DO LÚPULO _____	9
4. COMPOSTOS PRESENTES NO LÚPULO _____	15
5. VARIEDADES DE LÚPULOS _____	19
5.1. Lúpulos de amargor _____	19
5.2. Lúpulos de aroma _____	20
5.3. Lúpulos de dupla aptidão _____	23
6. CARACTERÍSTICAS DA PLANTA _____	25
6.1. Sistema radicular _____	25
6.2. Parte aérea _____	26
7. FISIOLOGIA DA PLANTA _____	37
8. CICLO DA CULTURA _____	43
8.1. Ciclo de vida do lúpulo _____	43
8.2. Ciclo produtivo do lúpulo no Brasil _____	45
8.3. Escala fenológica do lúpulo _____	46
9. PROPAGAÇÃO DAS PLANTAS _____	51

10. CULTIVO DO LÚPULO _____	57
10.1. Solo adequado para o cultivo do lúpulo _____	57
10.2. Implantação e manejo do pomar _____	57
10.2.1. Escolha da área _____	57
10.2.2. Preparo do solo _____	58
10.2.3. Preparo da área a ser plantada _____	58
10.2.4. Espaçamento e estrutura de sustentação das plantas _____	59
10.2.5. Preparo das covas _____	61
10.2.6. Plantio das mudas _____	62
10.2.7. Adubação _____	64
10.2.8. Manejo do pomar _____	65
10.2.9. Pragas e doenças _____	66
 11. COLHEITA _____	 67
11.1. Pontos de colheita dos cones _____	67
11.2. Colheita mecanizada e seleção dos cones _____	71
 12. PÓS-COLHEITA _____	 73
12.1. Beneficiamento _____	73
12.2. Equipamentos para o beneficiamento _____	75
12.3. Armazenagem dos cones _____	76
12.4. Comercialização _____	77
 BIBLIOGRAFIA CONSULTADA _____	 79

1 A IMPORTÂNCIA DO LÚPULO

Embora as inflorescências da planta do lúpulo (*Humulus lupulus* L.) sejam conhecidas por ser a matéria-prima que fornece amargor e aromas característicos na produção dos diferentes tipos de cerveja, o lúpulo também é utilizado como fármaco e apresenta significativos efeitos na saúde humana. O lúpulo possui propriedades antioxidantes e anti-inflamatórias e contém prenilflavonóides, que são considerados um dos fito-estrógenos mais ativos conhecidos, sendo componente comum em suplementos alimentares comerciais para mulheres com distúrbios hormonais devido a menopausa. Os óleos e resinas do lúpulo são conhecidos pelas suas propriedades sedativas, além de apresentarem efeitos antibacterianos e antifúngicos. O alfa-ácido amarelado presente nas inflorescências tem efeito positivo no controle de várias doenças complexas que são referidas pelo nome coletivo de “síndrome metabólica”. Outros compostos presentes no lúpulo vem sendo testados para tratamentos de doenças importantes, como o câncer. Por mais que essas informações de seu uso como fármacos sejam relativamente recentes, um vasto conhecimento medicinal já era conhecido e aplicado a mais de 2000 anos. Os líderes mundiais na produção de lúpulo são os Estados Unidos com 47,3 mil toneladas e a Alemanha com 32,6 mil toneladas, seguidos pela República Tcheca e China, que apresentam produções similares próximas a 6,8 mil toneladas. Em 14 países da União Europeia existem cerca de 2.600 propriedades rurais que cultivam o lúpulo, em uma área de 31.049 ha, aproximadamente 60% da área total de produção de lúpulo no mundo. Na Alemanha, a área de cultivo é de 17.077 hectares, o que representa 60% da área cultivada com lúpulo da UE e cerca de um terço da área mundial dedicada ao cultivo dessa espécie. Os países da União Europeia têm sido tradicionalmente grandes exportadores

de lúpulo. Nos últimos anos, as exportações somaram cerca de 20 mil toneladas em equivalentes de inflorescências. O principal comprador é a Rússia, seguida pelos Estados Unidos e pelo Japão.

Nos EUA, a produção é concentrada nos estados de Washington, Oregon e Idaho. A área americana cultivada com lúpulo cresceu 75,5% em apenas quatro anos (2012-2016), sendo uma tendência à medida que persistem os gostos dos consumidores e aumenta a demanda por cerveja com maiores volumes de lúpulos. Em 2017, a área americana plantada com lúpulo foi de 21.562 ha.

No Brasil, a área plantada não passa de 20 ha distribuídos nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais e no Distrito Federal. A maioria do lúpulo plantado é de variedades americanas e alemães como a ‘Cascade’, ‘Centennial’, ‘Fuggle’, ‘Magnum’, ‘Hallertau’, ‘Northern Brewer’ e ‘Nugget’, todas registradas no Ministério da Agricultura. Estudos com a cultura do lúpulo vêm crescendo no Brasil, o que originou uma variedade adaptada ao clima brasileiro, a ‘Mantiqueira’, desenvolvida e lançada pelo viveiro Frutopia em São Bento do Sapucaí, no estado de São Paulo. Mesmo com os avanços em áreas de plantio e com a introdução de novas variedades, quase a totalidade do lúpulo utilizado pela indústria cervejeira brasileira é importada, principalmente dos Estados Unidos e Alemanha.

O lúpulo (*Humulus lupulus* L.) é uma planta pertencente à ordem Rosales e a família Cannabaceae, a qual possui apenas dois gêneros, *Cannabis* e *Humulus*. O gênero *Humulus* tem como característica ser constituído por plantas herbáceas, dioicas, anemófilas e trepadeiras dextrogiras, nativas de áreas de clima temperado do Hemisfério Norte. Além do lúpulo comum (*H. lupulus* L.), no gênero *Humulus* existem mais duas espécies *H. japonicus* e *H. yunnanensis*. Contudo, apenas a espécie *H. lupulus* tem importância medicinal e industrial. Os lúpulos silvestres, que deram origem aos lúpulos plantados atualmente, são nativos da Europa, Ásia e América do Norte. O lúpulo silvestre europeu pertence à subespécie *H. lupulus* subsp. *lupulus*. O lúpulo silvestre originário do Japão pertence à subespécie *H. lupulus* subsp. *cordifolius* e os lúpulos silvestres americanos pertencem às subespécies *H. lupulus* subsp. *neomexicanus*, *H. lupulus* subsp. *pubescens* e *H. lupulus* subsp. *lupuloides*. A diferenciação entre as subespécies está relacionada basicamente a características morfológicas das folhas e das inflorescências de plantas femininas, denominadas de cones. Geneticamente os lúpulos americanos e asiáticos são similares e diferentes do lúpulo europeu. Comercialmente as cultivares de lúpulos são classificadas em dois grupos, os lúpulos europeus e os lúpulos americanos. Os fabricantes de cerveja consideram os lúpulos europeus tradicionais, mais suaves e mais aromáticos do que os provenientes da América do Norte.

3 A HISTÓRIA DO LÚPULO

O uso do lúpulo remonta a antiguidade. No século I, nos livros da “*Naturalis Historia*” o escritor romano Plínio (ano 24-79) deu a planta o nome de *Lupus salictarius* (lobo dos salgueiros), devido ao seu hábito trepador e por crescer sobre salgueiros e em outras árvores em seu habitat natural. Plínio também descreveu o lúpulo como uma planta de jardins e hortícola muito popular, usada na culinária da mesma forma que os aspargos. Antes do ano 200, o lúpulo era utilizado na Babilônia na elaboração de bebidas, existindo registros mencionando o seu nome “*sicera ex luplis confectam*”, que significa bebida forte feita de lúpulo. Na antiguidade, os nórdicos bebiam hidro-mel, uma mistura de água com mel fermentado, que podia levar aditivos como o lúpulo, nesse caso conhecida como *Metheglin*.

Como planta medicinal, o lúpulo tem sido usado a mais de 2000 anos. Os antigos curandeiros utilizavam essa planta contra a lepra, chulé, constipação e para purificação do sangue. No século VIII e IX, o lúpulo era cultivado nos jardins dos mosteiros por monges franceses e alemães, com finalidades medicinais. Os primeiros escritos sobre o seu uso medicinal remontam ao século XI, quando o médico árabe Mesué descreveu seus efeitos anti-inflamatórios. No século XVI, Paracelsus cita o uso do lúpulo contra a indigestão; o médico italiano Matthiolus mencionou seus efeitos diuréticos e o botânico alemão Hieronymus Bock documentou a primeira aplicação do lúpulo na ginecologia. Desde o século XVIII, as inflorescências femininas eram colocadas em travesseiros para ajudar a adormecer. A partir do século XIX, a fitoterapia concentrou-se nos efeitos do lúpulo contra a insônia. A combinação de extrato da planta de lúpulo e de valeriana (*Valeriana officinalis*) era administrada com frequência como sedativo. Até o final do século XIX, as inflorescências femininas do lúpulo eram

utilizadas na medicina tradicional para tratar a insônia e as dores de cabeça. O lúpulo quando colhido manualmente por mulheres faziam com que essas apresentassem distúrbios menstruais. Na metade do século XX, pesquisas demonstraram fortes ligações estrogênicas presentes no lúpulo.

A primeira referência sobre o lúpulo na fabricação de cerveja foi escrita em um estatuto do abade Adalhard, de Corvey, em um mosteiro beneditino de Weser, em Westphalia, na Alemanha, no ano de 822. O estatuto do abade abrangia diversas informações, entre elas, o aproveitamento da lenha e do lúpulo silvestre, mais do que o do lúpulo cultivado. Nesse estatuto, também se faz referência à quantidade de malte e lúpulo que deveriam ser entregues no mosteiro, “um décimo de todo o malte e todo o lúpulo produzido deve ser dado ao porteiro do mosteiro. Se isto não fornecer suficiente lúpulo, ele deve esforçar-se para arranjar noutro local, para fazer cerveja para ele próprio”. Contudo, nesse estatuto não está descrito se o lúpulo seria utilizado para preservar a cerveja ou apenas como ingrediente para aromatizar. O primeiro relato conhecido da funcionalidade do lúpulo em bebidas foi escrito pela abadessa e botânica alemã, Hildegard Von Bingen, em 1158, em seu livro “*Physica Sacra*”. A abadessa confirmou, indiretamente, as propriedades antimicrobianas do lúpulo, quando recomendou a adição dessa planta a bebidas, com finalidade de prolongar sua vida útil. A abadessa acreditava que o seu amargor “detinha” a putrefação das bebidas, portanto, a sua adição em bebidas faria com que essas durassem por mais tempo.

A partir do século XIII, escritos começam a relacionar o uso do lúpulo à fabricação de cerveja. Os mosteiros contribuíram para a melhoria no processo de produção de cervejas. O preparo de cervejas em mosteiros era usual uma vez que os monges precisavam de uma bebida nutritiva para ser consumida durante a quaresma, já que líquidos eram permitidos. Os monges denominavam a cerveja de “pão líquido”. Contudo, durante a idade média, entre os séculos X e XV, os diferentes aromas das cervejas que eram produzidas deviam-se ao uso do *gruit* ou *grut*. O *gruit* era uma antiga mistura de ervas usada para dar amargor e aroma às cervejas. Na composição do *gruit*, normalmente, eram utilizadas ervas como a mírica (*Myrica gale*),

artemísia (*Artemisia vulgaris*), aquiléia (*Achillea millefolium*), erva-de-são-jão (*Glechoma hederacea*), marroio (*Marrubium vulgare*) e urze (*Calluna vulgaris*). Cada produtor de *gruit* utilizava ervas diferentes para produzir sabores únicos. A primeira referência do *gruit* foi registrada em uma carta datada do ano de 974 emitida pelo Imperador Otto II, em que os direitos do *gruit* de Fosses (Bélgica) seriam transferidos para a igreja em Liège. Até o século XIII, a mística foi a principal erva utilizada para aromatizar as cervejas. A cerveja feita com mística tinha um sabor adocicado. A principal desvantagem do seu uso era que a cerveja não se preservava bem e, portanto, era inadequado para a estocagem ou para o transporte. Durante todo o período medieval, o lúpulo somente era utilizado como aditivo de cerveja em áreas em que não havia *Myrica gale* nativa. Entretanto, houve uma forte rivalidade nas áreas fronteiriças onde os dois tipos de cerveja eram acessíveis. Na época muitos consumidores preferiam a cerveja com *gruit* por apresentar um sabor adocicado ao invés da cerveja com lúpulo, que tem um sabor amargo. Entretanto, tendo como vantagem preservar melhor a bebida em viagens, no século XIII, a cerveja com lúpulo de Bremen foi exportada em grandes quantidades principalmente para os Países Baixos e Flandres, o que difundiu esse tipo de cerveja. No século seguinte, Hamburgo seguiu Bremen como um exportador de cerveja. No ano de 1369, havia em Hamburgo 181 cervejarias sendo utilizadas exclusivamente para exportação para os Países Baixos. A produção de cerveja com lúpulo nessas regiões foi ampliada visando a exportação, assim como o cultivo de *H. lupulus* que se expandiu para o norte e oeste da Europa. Nessa época, o lúpulo também se tornou uma importante mercadoria negociada.

A partir do século XIV, a produção de cerveja com *gruit* entrou em declínio em todo noroeste europeu, mesmo na região de origem da *M. gale*. Esse declínio deveu-se a rumores espalhados de que a cerveja com *gruit* era prejudicial à saúde, no qual o excesso de ingestão da bebida poderia levar a cegueira e até à morte. Consequentemente, a sua fabricação foi proibida. No século XVI, cervejeiros que ainda persistiam em utilizar *M. gale* na confecção de cervejas estavam sendo multados. Isso resultou na cessação da produção de cerveja com *gruit*. No entanto, análises recentes realizadas

com *M. gale* não mostraram evidências de que a mírica seja venenosa ou que cause algum dano à saúde humana. Outra versão para a tentativa de reduzir o uso do *gruit* em cervejas era que os fabricantes de cervejas com *gruit*, em sua maioria monas-térios, não pagavam impostos.

Esse movimento de troca de aditivos na cerveja foi mais lento na Inglaterra. Naquele país o uso de lúpulo no lugar do *gruit* gerou muita discussão. A cerveja inglesa, bebida conhecida pelo nome de Ale (palavra que deriva de òl escandinava, que significa cerveja) era inicialmente fabricada com apenas malte ou com uma mistura de cevada com mel, aromatizada com urze (*Calluna vulgaris* L.), hera terrestre (*Glechoma hederacea* L.) e várias outras ervas aromáticas e de sabor amargo, como a manjerona (*Origanum* L.), fava-dos-pântanos (*Menyanthes trifoliata* L.), absinto (*Artemisia absinthium* L.), milfólio (*Achillea millefolium* L.) e giesta (*Cytisus* L.). Na época, a opinião pública inglesa a respeito da utilização do lúpulo era cética, referindo-se à planta como “uma erva daninha má e prejudicial”. No século XV, a adição de lúpulo na cerveja na Inglaterra era motivo de execução. Durante todo o reinado de Henrique VI (1422-1461), o cultivo do lúpulo foi proibido. No reinado de Henrique VIII, em 1509, os lúpulos podiam ser cultivados, mas não podiam ser usados no processo de fabricação da cerveja. Em 1520, entretanto, holandeses se estabeleceram em Kent, Inglaterra, e levaram com eles novas variedades de lúpulos, o método de cultivo e o conhecimento de como usá-los na produção de cerveja. Nesse momento mudou-se a maneira de produzir a cerveja inglesa. Os ingleses descobriram que o lúpulo, além de dar sabor, também conservava a cerveja por muito mais tempo. O cultivo de lúpulo em escala comercial para a indústria cervejeira na Inglaterra, entretanto só foi permitido no reinado de Eduardo VI, que em 1552 aprovou uma lei especial, que permitiu a utilização de lúpulo pelos fabricantes de cerveja inglesa. No Século XVI, entretanto, houve forte oposição ao uso desse produto. Um grupo do Parlamento chamou o lúpulo de uma erva maligna que punha as pessoas em perigo. Os fabricantes de cerveja eram relutantes em utilizá-lo, dizendo que causava melancolia e atormentava os consumidores com doenças. Mesmo reconhecendo que o lúpulo conservava a bebida por mais tempo, os fabricantes de cerveja

achavam que em troca do prazer que deveria dar ao consumidor, essa erva encurtava a sua vida.

O uso do lúpulo na produção de cerveja tomou força quando na Baviera, Alemanha, em 1516, foi decretada a “Lei da Pureza” (*Reinheitsgebot*), em que apenas o lúpulo poderia ser usado como aditivo para conferir amargor nas cervejas, portanto, sendo proibido o uso do *gruit*.



Figura 1 - The Hop Harvest (1869) - Pintura a óleo feita pelo pintor alemão Rudolf Epp (1834-1910)

Os europeus, quando começaram a colonizar o Novo Mundo, levaram consigo diferentes variedades de lúpulo e a tradição de cultivo dessa planta. O lúpulo europeu foi introduzido nos Estados Unidos, em 1629. A primeira área comercial de lúpulo nos Estados Unidos foi estabelecida em Nova Iorque, em 1808. O seu cultivo rapidamente se espalhou para o sul e oeste daquele país. Os colonos ingleses também introduziram a cultura no hemisfério Sul, em suas colônias, como na África do Sul, Austrália e Nova Zelândia, por volta de 1800. Na China e na Coreia, o lúpulo foi introduzido pelos alemães em 1860. Com a popularidade da cerveja com lúpulo, os japoneses começaram a cultivar variedades americanas e alemãs, por volta de 1876. Na América do Sul, o lúpulo chegou ao Chile em 1851, por uma importação feita por um diplomata chileno que iniciou o seu cultivo com êxito em 1857. A introdução do lúpulo na Argentina possui duas versões, a primeira que cita a introdução da planta por imigrantes galeses, em 1865, e uma segunda versão, mais aceita, de que o lúpulo foi introduzido por imigrantes alemães provenientes do sul do Chile. No Brasil, os primeiros cultivos do lúpulo ocorreram na década de 1950, pelo austríaco Roland Hoblik, no município de Nova Petrópolis, na Serra Gaúcha, que cultivava e vendia cones para as cervejarias da época.

4 COMPOSTOS PRESENTES NO LÚPULO

O uso do lúpulo tradicionalmente está relacionado à indústria cervejeira, na qual é utilizado para conferir amargor e aroma aos diferentes tipos de cervejas. Todos os compostos importantes encontram-se nas inflorescências de plantas femininas do lúpulo, chamadas de cone. Nesses cones são produzidas resinas que são peculiares ao lúpulo e que não são encontradas em nenhuma outra espécie de plantas. As resinas são produzidas em glândulas de lupulina presentes nos tricomas das brácteas das inflorescências. Inflorescências de plantas femininas possuem grande quantidade de lupulina. Plantas masculinas também possuem glândulas de lupulina em seus cones, porém em pequena quantidade. Por esse motivo, em plantios comerciais são utilizadas somente plantas femininas.

Entre os compostos presentes nas resinas produzidas pelas glândulas de lupulina estão o alfa- e beta-ácidos, responsáveis pelo amargor da cerveja, e os óleos essenciais, responsáveis pelo aroma da cerveja. Nas resinas, a quantidade de alfa-ácidos pode variar entre 3 e 17% e de beta-ácidos entre 3 e 7%. Além desses compostos importantes para a fabricação de cervejas, as resinas produzidas nos cones também contêm vários compostos fenólicos e outros constituintes que vem atraindo pesquisas por diversas empresas farmacêuticas.

O alfa-ácido está presente na resina que é secretada pelas glândulas de lupulinas na forma de um pó amarelo hidrofóbico. Para que o alfa-ácido possa ser solubilizado em água, ele precisa ser isomerizado pela aplicação de calor em solução (100 a 130°C), o que resulta na formação de iso-alfa-ácido. Portanto, durante o processo de fabricação de cervejas, a isomerização dos alfa-ácidos em iso-alfa-ácidos solúveis ocorre a partir da adição dos cones para a fervura

do mosto. A porcentagem de isomerização dos alfa-ácidos em iso-alfa-ácidos está relacionada ao período em que os cones são fervidos no mosto. Portanto, o grau de amargor da cerveja está diretamente relacionado a quantidade de iso-alfa-ácidos. Períodos mais prolongados de fervura resultam na isomerização de muitos dos alfa-ácidos disponíveis. Além de conferir o amargor, o alfa-ácido também tem ação antibiótica e bacteriostática para bactérias Gram-positivas, tais como *Lactobacillus* e *Pediococcus*. Essa ação antibiótica favorece a atividade da levedura na fermentação, durante a fabricação da cerveja. A molécula mais representativa da classe dos alfa-ácidos é a humulona, que ocorre com seus análogos, adhumulona, cohumulona, posthumulona e prehumulona. A isomerização resulta nas formas análogas dos iso-alfa-ácidos, como isoadhumulona, isocohumulona e isohumulona. A maioria das variedades de lúpulo apresenta uma relação de humulona de 35 a 70 % dos alfa-ácidos, cohumulona de 20 a 55% dos alfa-ácidos e adhumulona de 10 a 15% dos alfa-ácidos. Lúpulos que conferem amargor à cerveja apresentam alto índice de alfa-ácidos entre 10 a 15%. Um lúpulo de amargor com alta qualidade contém menos que 25% de cohumulona.

Assim como os alfa-ácidos, os beta-ácidos presentes nos cones também apresentam vários análogos como a lupulona que varia de 30 a 55% do total de beta-ácidos, a colupulona que varia de 20 a 55% dos beta-ácidos, entre outros. Ao contrário dos alfa-ácidos, esses compostos não sofrem isomerização e, portanto, são insolúveis em água. Como consequência, somente são encontrados traços desses ácidos na cerveja. Portanto, os beta-ácidos não contribuem para o amargor final da cerveja. Esses ácidos, contudo, possuem uma alta atividade antimicrobiana que é importante para a morte dos microrganismos na estocagem da cerveja. Os beta-ácidos são sensíveis a oxidação, podendo atuar como agente antioxidante na cerveja. Entretanto, os produtos da oxidação dos beta-ácidos são indesejáveis no produto final. A relação (ratio) entre alfa-ácidos e beta-ácidos pode variar entre 1 e 4, sendo utilizada para qualificar o lúpulo. Lúpulos de maior qualidade são os que possuem quantidades iguais desses compostos, ou seja, um ratio igual a 1.

Além dos alfa- e beta-ácidos, os óleos essenciais também são secretados pelas glândulas de lupulina. Os óleos essenciais são muito importantes pela sua alta complexidade, devido a presença de mais de 300 componentes aromáticos, que conferem aromas intensos e diferentes aos diferentes tipos de cervejas. Os óleos essenciais são compostos formados em sua maioria por hidrocarbonetos, principalmente os terpenos. Os lúpulos de aroma, no processo de fabricação da cerveja, são colocados normalmente no final da fervura, pois os óleos essenciais são voláteis, e desse modo evita-se grandes perdas destes compostos.

Existem outros compostos importantes nos cones, que vem sendo testados e utilizados como fármacos para a saúde humana. Entre os compostos, o flavonóide 8-prenylnaringenina é um potente fitoestrógeno utilizado como suplemento dietético e para o tratamento de ondas de calor na menopausa. Esse composto, também, de acordo com pesquisas realizadas na Alemanha e Itália, apresenta potencial antidiabético. Outra substância presente no lúpulo é o xanthohumol, um composto fenólico (flavonóide prenilado) que vem sendo estudado como agente quimiopreventivo em programas de tratamento de câncer, nos Estados Unidos. Na Bélgica, pesquisa mostrou que o xanthohumol inibe o desenvolvimento do câncer de próstata.

A medicina convencional e a medicina natural utilizam os cones dos lúpulos no tratamento de dispepsias hipossecretoras, disquinesias hepatobiliares, cólicas gastrointestinais, ansiedade, insônia, enxaquecas e nevralgias. A Comissão Europeia aprovou a utilização do lúpulo para o tratamento da ansiedade e da insônia.

Como o lúpulo está diretamente relacionado à produção de cervejas, as variedades comerciais apresentam características importantes e diferenciadas quanto ao amargor e aroma presentes nos cones, elementos essenciais na composição dos diferentes tipos de cervejas. Existem mais de 30 variedades americanas e mais de 40 variedades europeias importantes de lúpulo. As variedades de lúpulo são separadas em três diferentes categorias: os lúpulos de amargor, os lúpulos de aroma e os lúpulos com dupla aptidão. Listamos algumas variedades de lúpulos importantes no mundo.

5.1. Lúpulos de amargor

- **‘Admiral’**

Origem: Grã-Bretanha. Essa variedade foi desenvolvida pela “Wye College”, Inglaterra, em 1998, com o propósito de aumentar a quantidade de variedades inglesas com alta concentração de alfa-ácidos. A ‘Admiral’ tem um potencial produtivo de 1300 a 1900 kg/ha, sendo resistente a míldio e suscetível a oídio. Essa variedade possui uma concentração de 13,5 a 16,2 % de alfa-ácidos, sendo 37 a 45 % de cohumulona, 4,8 a 6 % de beta-ácidos e 1 a 1,7 mL de óleos essenciais /100g. A ‘Admiral’ é utilizada na produção de cervejas dos tipos Extra Bitter, APA e IPA.

- **‘Magnum’**

Origem: Alemanha. Essa variedade foi desenvolvida no programa de melhoramento da “Hop Research Institute” em Hüll, em 1980, obtida pelo cruzamento entre a variedade ‘Galena’ e uma planta masculina alemã. A ‘Magnum’, também conhecida como ‘Hallertau Magnum’, tem um potencial de

produção de 1340 a 1700 kg/ha. Essa é a variedade com maior teor de alfa-ácidos em produção na Alemanha. A ‘Magnum’ apresenta uma concentração de 11 a 16 % de alfa-ácidos, sendo 21 a 29 % de cohumulona, 5 a 7 % de beta-ácidos e 1,6 a 2,6 mL de óleos essenciais /100g. Essa variedade além de ter um alto teor de alfa-ácidos apresenta uma boa produção e mostra-se resistente as principais doenças. A ‘Magnum’ é utilizada na produção de cervejas dos tipos Ale, Lager, Stout e Pilsner.

- **‘Nugget’**

Origem: Estados Unidos. Essa variedade é resultado do cruzamento entre as variedades ‘Brewer’s Gold’, ‘Early Green’ e ‘Caterbury Golding’, desenvolvida em 1983. A ‘Nugget’ tem um potencial produtivo de 1700 a 2200 kg/ha e mostra-se resistente a prunus necrotic ring-spot virus, míldio e oídio. Essa variedade possui uma concentração de 12 a 14,5 % de alfa-ácidos, sendo 24 a 30 % de cohumulona, 4 a 6 % de beta-ácidos e 1,7 a 2,3 mL de óleos essenciais /100g. A ‘Nugget’ é utilizada na produção de cervejas dos tipos Ale, Stout, Barley Wine, Saison e Biere de Garde.

5.2. Lúpulos de aroma

- **‘Fuggle’**

Origem: Grã-Bretanha. Essa variedade é resultado de uma planta obtida na natureza e descoberta em 1861, em Kent, Inglaterra. A ‘Fuggle’ já foi a variedade predominante na Inglaterra e atualmente é utilizada para dar aroma em conjunto com outros lúpulos de amargor. A ‘Fuggle’ apresenta um potencial produtivo de 1008 a 1233 kg/ha e mostra-se resistente a míldio. Essa variedade possui uma concentração de 3 a 6% de alfa-ácidos, sendo 30 a 33% de cohumulona, 2,2 a 3,1 % de beta-ácidos e 0,7 a 1,4 mL de óleos essenciais /100g. A ‘Fuggle’ é um dos lúpulos com aromas mais condimentados do mundo. Seus tons terrosos o tornam perfeito para cervejas inglesas e belgas dos tipos Ale, ESB, Bitter, Lager e Lambic.

- **‘Cascade’**

Origem: Estados Unidos. Variedade obtida por polinização aberta entre as variedades ‘Fuggle’ e a russa ‘Serebrianka’. A ‘Cascade’ foi a primeira variedade de lúpulo comercial produzida pelo programa de melhoramento do USDA-ARS, iniciado em 1956 e lançada em 1972. Essa variedade representa 10% de todo lúpulo produzido nos Estados Unidos. A ‘Cascade’ possui um potencial produtivo de 2017 a 2465 kg/ha e resistência a míldio. Essa variedade produz cones que possuem 4,5 a 7% de alfa-ácidos, sendo 33 a 40% de cohumulona, 4,5 a 7% de beta-ácidos e 0,8 a 1,5 mL de óleos essenciais /100g. A ‘Cascade’ é a mais popular variedade de lúpulo na fabricação de cervejas artesanais americanas, e possui tons florais únicos e poderosos para acompanhar um caráter cítrico picante e requintado. Sua intensidade média faz com que seja um dos gostos mais reconhecidos do setor. É perfeita para a produção de cervejas dos tipos IPA e American Ale.

- **‘Hallertau’**

Origem: Alemanha. Essa variedade é originária da região de Hallertau e é muito utilizada em programas de melhoramento. A ‘Hallertau’, também conhecida como ‘Hallertauer’ e ‘Halletau Mittelfrüh’, é considerada um lúpulo nobre, assim como ‘Saaz’, ‘Tettnanger’ e ‘Spalt’, que são as quatro variedades tradicionais europeias cultivadas há séculos para a produção de cervejas. A ‘Hallertau’ possui um potencial produtivo de 800 a 1100 kg/ha, sendo suscetível a míldio e oídio. Essa variedade possui uma concentração de 3 a 5,5% de alfa-ácidos, sendo 18 a 28% de cohumulona, 3 a 5% de beta-ácidos e 0,7 a 1,3 mL de óleos essenciais /100g. Essa clássica variedade alemã de lúpulo tem aroma associado às cervejas alemãs dos tipos Lager, Pilsner, Weizen, Ale, Alt, Lambic, Kölsch e Munich Helles.

- **‘Citra’**

Origem: Estados Unidos. Variedade desenvolvida pela empresa “Hop Breeding Company” de Yakima, Washington, e obtida pelo cruzamento das variedades ‘Hallertau’, ‘US Tettnang’, ‘Brewer’s Gold’ e ‘East Kent Golding’, lançada em 2008. A ‘Citra’ tem um potencial produtivo de 1600

a 1800 kg/ha e moderada resistência a míldio. Essa variedade apresenta uma concentração de 11 a 13% de alfa-ácidos, sendo 22 a 24 % de cohumulona, 3,5 a 4,5 % de beta-ácidos e 2,2 a 2,8 mL de óleos essenciais /100g. A 'Citra' é uma variedade conhecida pelo aroma intenso e é utilizada na produção de cervejas dos tipos Pale Ale, IPA e Double IPA.

- **'Saaz'**

Origem: República Tcheca. Oficialmente essa variedade foi registrada em 1952, mas acredita-se que ela tenha sido a variedade básica para cervejeiros a mais de 700 anos. Essa variedade é originária de Zatec, Bohemia, que atualmente faz parte da República Tcheca. 'Saaz' é uma das quatro variedades de lúpulos nobres, a qual possui um aroma distinto e clássico. Essa variedade é conhecida por ser utilizada na produção da cerveja Stella Artois e de inúmeras Lager e Pilsners da Bohemia. A 'Saaz' é cultivada no mundo todo e em especial na Nova Zelândia onde serviu no melhoramento para novas variedades como a 'Motueka' e 'Riwaka'. A 'Saaz' possui um potencial produtivo de 800 a 1200 kg/ha e é suscetível a míldio e oídio. Essa variedade apresenta uma concentração de 2,5 a 4,5% de alfa-ácidos, sendo 23 a 28% de cohumulona, 4 a 6% de beta-ácidos e 0,4 a 0,8 mL de óleos essenciais / 100g. A 'Saaz' é utilizada na produção de cervejas dos tipos Lager e Pilsner.

- **'Mantiqueira'**

Primeiro lúpulo brasileiro. Essa variedade foi obtida de hibridação natural que ocorreu em São Bento do Sapucaí/SP em 2005, no viveiro Frutopia. A variedade foi avaliada em 2011 e lançada em 2014. A 'Mantiqueira' possui concentrações de 6,8 % de alfa-ácidos, sendo 23,5 % de cohumulona, 5,2% de beta-ácidos e 2,5 mL de óleos essenciais /100g.

5.3. Lúpulos de dupla aptidão

- **‘Centennial’**

Origem: Estados Unidos. Essa variedade foi obtida pelo cruzamento da ‘Brewer’s Gold’ e uma planta masculina do USDA em 1974, e lançada em 1990. Essa variedade tem um potencial produtivo de 1700 a 2000 kg/ha e é moderadamente resistente a míldio. A ‘Centennial’ possui 9,5 a 11,5% de alfa-ácidos, sendo 28 a 30% de cohumulona, 3,5 a 4,5 de beta-ácidos e 1,5 a 2,5 mL de óleos essenciais /100g. Muito semelhante a ‘Cascade’ possui aromas delicados com toques de frutas cítricas. Como possui certa quantidade de alfa-ácidos, pode ser utilizada tanto para amargar quanto para aromatizar os diferentes tipos de cervejas.

- **‘Chinook’**

Origem: Estados Unidos. Essa variedade é proveniente do cruzamento entre ‘Petham Golding’ e uma planta masculina do USDA com alto teor de alfa-ácidos, sendo lançada em 1985. A ‘Chinook’ tem um potencial produtivo de 2000 a 2400 kg/ha e é moderadamente resistente a míldio. Essa variedade apresenta uma concentração de 12 a 14% de alfa-ácidos, sendo 29 a 34 % de cohumulona, 3 a 4% de beta-ácidos e 1,5 a 2,5 mL de óleos essenciais /100g. Apesar da alta quantidade de alfa-ácidos, essa variedade apresenta um equilíbrio de aromas que a torna muito popular para o uso em *dry hopping* com resultados de aromas defumados. A ‘Chinook’ é utilizada na produção de cervejas dos tipos Pale Ale, IPA, Stout, Porter e Lager.

- **‘Northern Brewer’**

Origem: Grã-Bretanha. Essa variedade é resultado da hibridação entre uma planta masculina inglesa e um lúpulo selvagem americano. A ‘Northern Brewer’ é muito utilizada na Bélgica, Espanha, Alemanha e Estados Unidos. Essa variedade apresenta uma concentração de 7 a 10% de alfa-ácidos, sendo 27 a 33% de cohumulona, 3,5 a 5% de beta-ácidos e 1,6 a 2,1 mL de óleos essenciais /100g. A ‘Northern Brewer’ apresenta bom amargor e sabor

leve, sendo utilizada na produção de cervejas dos tipos ESB, Bitter, English Pale Ale, Porter e Lager.

- **‘Columbus’**

Origem: Estados Unidos. Essa variedade é originária do programa de melhoramento do USDA na década de 1970. A ‘Columbus’ também é chamada de CTZ (‘Columbus’, ‘Tomahawk’ e ‘Zues’), embora seja geneticamente distinta da ‘Zues’. A linhagem exata do ‘Columbus’ é desconhecida. Seu homônimo foi criado em parte como resultado de uma disputa legal entre “Hopunion” e “Yakima Chief”, empresas de melhoramento americanas, quando ambas tentaram patentear o mesmo lúpulo. A variedade da “Yakima Chief” foi chamada de ‘Tomahawk’. Depois que um acordo, ambos os nomes foram registrados. Elas são tecnicamente a mesma variedade. A ‘Columbus’ tem um potencial produtivo de 2000 a 2500 kg/ha e é sensível a míldio e a oídio. A ‘Columbus’ apresenta uma concentração de 14 a 18% de alfa-ácidos, sendo 28 a 35% de cohumulona, 4,5 a 6% de beta-ácidos e 1,5 a 2 mL de óleos essenciais /100g. Essa variedade é muito usada em *dry hopping* e na fabricação de cervejas dos tipos Pale Ale, Stout, Barley Wine e Lager.

- **‘Mosaic’**- Origem: Estados Unidos. Essa variedade é relativamente nova, desenvolvida pela “Hop Breeding Company LLC” e lançada em 2012. A ‘Mosaic’ foi desenvolvida a partir do cruzamento das variedades ‘Simcoe’ e ‘Nugget’. A ‘Mosaic’ possui uma concentração de 11,5 a 13,5% de alfa-ácidos, sendo 24 a 26% de cohumulona, 3,2 a 3,9% de beta-ácidos e 1,0 a 1,5 mL de óleos essenciais /100 g. Essa variedade é utilizada na produção de cervejas do tipo Pale Ale.

O lúpulo é uma planta herbácea e perene, formada por um sistema radicular permanente e uma parte aérea que se renova anualmente.

6.1. Sistema radicular

O sistema radicular é parte permanente da planta de lúpulo. As raízes podem se desenvolver a uma profundidade de 1,5 metros, porém encontram-se concentradas na faixa de 20 a 30 cm de profundidade. Lateralmente as raízes podem atingir distâncias de até 3 metros. O sistema radicular é composto por raízes verdadeiras e por rizomas. As raízes verdadeiras têm como função a fixação da planta no solo e a absorção de água e nutrientes que são utilizados pela planta. As raízes verdadeiras à medida que amadurecem tornam-se lenhosas e crescem em tamanho, porém não produzem gemas vegetativas. Os rizomas são caules subterrâneos que acumulam substâncias de reservas da planta, principalmente no período de dormência da planta. Os rizomas tendem a crescer apenas próximo à superfície do solo, são grossos e suculentos e possuem gemas que dão origem a novas raízes e novos brotos que formarão a parte aérea da planta. O conjunto de raízes verdadeiras e de rizomas formado próximo à superfície do solo recebe o nome de coroa (Figura 2).



Figura 2 - Sistema radicular do lúpulo. No detalhe, raízes e rizomas formando a coroa

6.2. Parte aérea

A parte aérea da planta do lúpulo é formada por ramos, folhas e inflorescências, conhecidas por cones. Por ser uma planta dioica, para que ocorra a produção de frutos, o pomar precisa ter plantas masculinas e plantas femininas, para que, com a polinização cruzada seja formado o fruto. Entretanto, em plantios comerciais não há a produção de frutos, pois os pomares são formados somente por plantas femininas, uma vez que o produto final comercializado são os cones de plantas femininas, que apresentam qualidades superiores para a produção de cerveja.

- **Ramos**

Diferentemente de outras plantas trepadeiras que apresentam gavinhas para a fixação dos ramos, no lúpulo os ramos possuem pelos aderentes que se fixam em estruturas na medida em que esses se enrolam em torno de um suporte disponível (Figura 3).



Figura 3 - Pelos aderentes que existem nos ramos do lúpulo que servem para fixação em estruturas no crescimento da planta. Da esquerda para a direita pode-se ver, em diferentes aumentos, os pelos aderentes nos ramos do lúpulo

Os ramos primários crescem verticalmente em torno da estrutura de sustentação, no sentido horário. O crescimento desses ramos se inicia a partir de brotações de gemas localizadas na coroa, no início da primavera. A taxa de crescimento é alta, podendo chegar a 30 cm por dia. No primeiro ano após o plantio, o crescimento da parte aérea é limitado, pois a planta prioriza o estabelecimento da base de seu extenso sistema radicular.

Os ramos do lúpulo tem crescimento indefinido podendo atingir comprimento de 8 a 9 metros. À medida que os ramos crescem, vão se tornando mais grossos e lignificados a partir da base da planta. Quando a estrutura da planta está estabelecida e os ramos primários estão bem desenvolvidos e lignificados, esses ramos podem ser chamados de caule (Figura 4).

O caule, portanto, é formado pelo ramo principal (primário), que é, em sua extensão, segmentado por nós e entrenós. Em cada nó há a formação de um par de folhas. Nas axilas de cada folha há uma gema (protegida por uma estípula) que pode dar origem a um ramo lateral (secundário) com apenas folhas ou um ramo lateral misto, formado com folhas e inflorescências.



Figura 4 - Caule do lúpulo formado por ramos primários lignificados que se desenvolvem ao redor da estrutura de sustentação formando a parte aérea da planta

- **Folhas**

As folhas maduras (totalmente desenvolvidas) podem apresentar de três a cinco lóbulos (Figura 5), são pecioladas, podem ter margens serreadas ou lobadas e crescem a partir dos nós formados nos ramos principais e secundários. Folhas novas de ramos secundários, normalmente, são folhas cordiformes (Figura 6). Em cada nó dos ramos, as folhas são formadas em pares e opostas uma à outra (Figura 6).



Figura 5 - Tipos de folhas formadas em planta de lúpulo

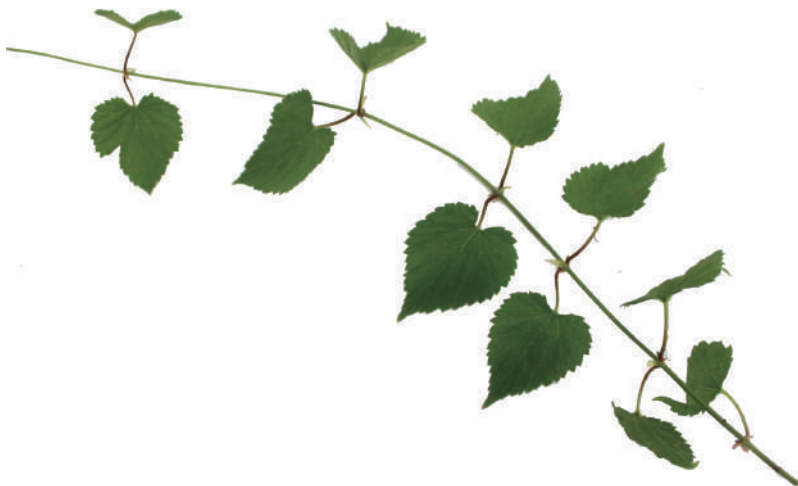


Figura 6 - Posição das folhas nos ramos da planta de lúpulo

As folhas formadas em ramos principais são maiores, mais ásperas e com pecíolos mais grossos do que em folhas de ramos secundários. A face superior da folha possui coloração verde mais escura que a face inferior. Na face inferior das folhas são encontrados os tricomas secretores ou glândulas de resinas e óleos essenciais (Figura 7). Em folhas jovens de lúpulo os tricomas comuns e os tricomas secretores encontram-se bem concentrados na lâmina foliar. Em folhas maduras, com o aumento da área foliar, os tricomas pré-formados ficam mais “espalhados” na lâmina foliar (Figura 7).

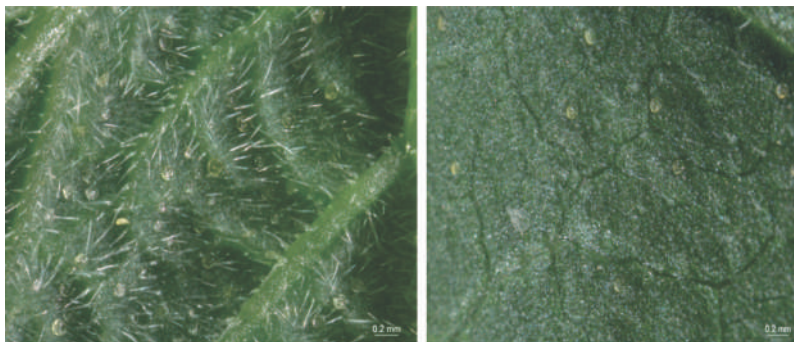


Figura 7 - Tricomas comuns e secretores (glândulas de resinas e óleos essenciais) observados em uma folha jovem de lúpulo (A) e em uma folha madura (B)

As folhas do lúpulo possuem estômatos somente na face inferior, tendo em média 400 estômatos por mm^2 . Essa informação torna-se importante à medida que alguns patógenos, como, por exemplo, o agente causal do míldio, penetra por estômatos. Em áreas em que essa doença está presente deve-se sempre proteger a face abaxial das folhas com uso de fungicidas.

• Flores

Por ser uma planta dioica, existem plantas que produzem somente flores masculinas e plantas que produzem somente flores femininas. Existem também plantas de lúpulos monoicas, entretanto, são raras na natureza. A inflorescência masculina é formada por uma panícula com várias flores individuais pequenas (5-6 mm) (Figura 8). Cada flor possui cinco pétalas e cerca de 50 estames, produzindo um fino pólen de coloração amarela a partir das anteras. As flores masculinas possuem glândulas de lupulina como as flores femininas, entretanto, em menor quantidade.



Figura 8 - Inflorescência masculina de lúpulo
Foto: H. Zell, Karlsruhe, Alemanha

As inflorescências formadas em plantas femininas se desenvolvem em ramos secundários (laterais) formados a partir das gemas localizadas nas axilas das folhas, na maioria das vezes no terço superior da planta. Em um primeiro estágio na formação das inflorescências femininas, os pistilos das flores ficam visíveis (Figura 9). Com o desenvolvimento da inflorescência, cada par de flores fica protegido por uma bráctea e individualmente em cada flor tem uma bractéola. Esse processo se dá até a formação completa da inflorescência, o cone.

A inflorescência produzida em plantas femininas de lúpulo é conhecida como sincarpo, botanicamente chamada de estróbilo e corriqueiramente chamada de cone (Figura 10).



Figura 9 - Primeiro estágio da formação das inflorescências, em que os pistilos das flores ficam visíveis



Figura 10 - Inflorescências (cones) de plantas femininas formadas a partir das gemas de ramos secundários

O cone é formado por um eixo central chamado de raquis. A raquis possui reentrâncias onde se encontram pares de flores, normalmente de 10 a 30 pares por inflorescência (Figura 11).



Figura 11 - A inflorescência (cone) de plantas femininas (na esquerda). As flores protegidas pelas brácteas (no centro) e a raquis onde se fixam as flores e as brácteas (na direita)

Na base de cada bractéola são formados tricomas secretores, também chamados de glândulas de lupulina (Figuras 12 e 13).



Figura 12 - Detalhe da raquis, flores e das glândulas de lupulina presentes dentro das inflorescências

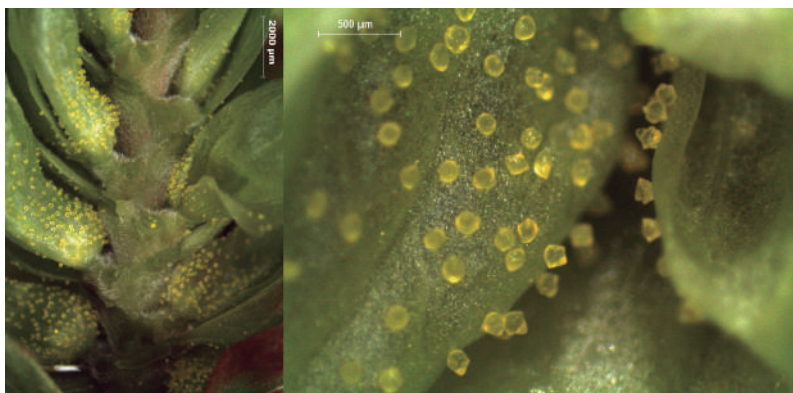


Figura 13 - Glândulas de lupulina fixadas nas brácteas de inflorescências de plantas femininas

Comercialmente, o interesse nas plantas de lúpulo está relacionado às inflorescências das plantas femininas, pois os cones formados possuem grande quantidade de glândulas de lupulina, ricas em resinas e óleos essenciais utilizados para obter aroma e amargor em cervejas. Inflorescências de plantas masculinas possuem menor quantidade de glândulas de lupulina (10-15 glândulas/inflorescência) em comparação com as inflorescências de plantas femininas (cerca de 10.000 glândulas/inflorescências).

Em cultivos comerciais de lúpulo são utilizadas apenas plantas femininas, para que não ocorra a formação de sementes, devido à polinização cruzada proveniente de flores de plantas masculinas. As sementes, caso sejam formadas, podem aumentar em até 15% o peso dos cones, porém a qualidade destes cones é prejudicada. Nesse caso, as cervejarias rejeitam os cones devido a sua qualidade inferior.

A parte aérea da planta do lúpulo, formada por ramos e folhas, se desenvolve ao longo da primavera e verão, quando os dias são mais longos e a temperatura média do ambiente é mais alta. Em regiões de clima temperado, quando o período de horas de luz começa a diminuir, com a entrada do outono, a planta inicia a diferenciação das gemas que se encontram nas axilas das folhas tornando-as reprodutivas. Nesse período, a planta para de crescer verticalmente e emite ramos laterais mistos, com folhas e inflorescências, no terço superior do caule. O lúpulo pode iniciar o florescimento em períodos em que os dias tenham até 16 h de luz. As plantas também atendem a um 'comprimento mínimo diurno' para induzir o florescimento, que se encontra entre 8 e 10 h.

Para o desenvolvimento e florescimento, a planta necessita de energia, a qual é produzida nas folhas pela transformação da energia solar em energia química, no processo da fotossíntese. A incidência de luz solar direta nas folhas é um dos fatores importantes na formação e rendimento da cultura. Cada espécie de planta possui uma capacidade máxima de absorção de luz solar no processo fotossintético. O lúpulo é uma planta de pleno sol. Normalmente, folhas de plantas que apresentam uma alta atividade fotossintética possuem muitos estômatos, uma densa ramificação de nervuras nas folhas e um parênquima paliádico com vários estratos. No caso do lúpulo, em regiões de clima temperado, as folhas apresentam essas características, entretanto, no caso do parênquima, a folha apresenta apenas uma camada de células. Levando-se em consideração que em um dia sem núvens, perto do meio dia, a intensidade de luz que atinge a planta está na ordem de $438 \text{ a } 526 \text{ W m}^{-2}$ ($2014 \text{ a } 2500 \mu\text{m m}^{-2}\text{s}^{-1}$), e que o ponto de saturação lumínica do lúpulo, segundo pesquisas

desenvolvidas em região de clima temperado, varia entre 400 a 430 W m⁻², podemos, portanto inferir que as plantas de lúpulo fotossintetizam quase que a totalidade de luz absorvida pela folha.

No processo fotossintético, além da energia solar, a planta utiliza dióxido de carbono (CO₂) e água para a produção de glicose, a sua fonte de energia. O processo de abertura e fechamento dos estômatos está relacionado principalmente com a intensidade de luz e o estado de hidratação da folha. Dessa forma, o funcionamento dos estômatos controla a absorção de CO₂ e a área foliar determina a interceptação de luz, influenciando no desenvolvimento da planta. A taxa fotossintética das variedades nativas da América do Norte e da República Tcheca apresenta em média valores de 16,2 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹, variando entre 9,0 e 22,3 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹. A variedade Saaz, por exemplo, possui uma taxa fotossintética média de 13,7 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹. A condutância estomática média entre as variedades é de 320 mmol H₂O m⁻² s⁻¹, variando entre 173 e 477 mmol H₂O m⁻² s⁻¹. As folhas em que ocorre incidência direta da luz do sol apresentam uma condutância estomática 60% maior do que as folhas sombreadas. As folhas com expansão acima de 75% do seu tamanho final apresentam a maior taxa fotossintética. Existe uma associação positiva significativa entre a taxa fotossintética, o tempo do ciclo da cultura e a produtividade nas diferentes variedades de lúpulo. Por esse motivo, o espaçamento a ser adotado em pomares de lúpulo não deve permitir a ocorrência de sombreamento entre plantas.

No lúpulo, o processo fotossintético começa a ocorrer quando as plantas iniciam a brotação e formação das primeiras folhas. Entretanto, nessa fase as folhas ainda são consideradas drenos, ou seja, não produzem fotoassimilados (energia) suficientes para a sua manutenção e exportação de carboidratos para outros órgãos da planta em crescimento. Nessa fase, as folhas muito jovens ainda possuem uma pequena área foliar, o que reduz a possibilidade de capturar grandes quantidades de radiação, além de possuírem pouca clorofila e respirarem mais intensamente. Com isso, o desenvolvimento das folhas, nessa fase inicial, ocorre com o uso das reservas de carboidratos existentes no sistema radicular, nos rizomas, que foram acumulados no outono, antes que a planta entrasse em dormência. Com o

desenvolvimento das folhas, a taxa fotossintética aumenta gradativamente. O saldo positivo entre os processos de fotossíntese (durante o dia) e de respiração (durante a noite) fornecem energia para o crescimento, alongamento e espessamento de cada órgão da planta de lúpulo como um todo. A transição da fase vegetativa para a fase reprodutiva resulta em mudanças significativas na atividade enzimática e mudanças na distribuição de fotoassimilados, aumentando assim a intensidade de fotossíntese. A capacidade fotossintética é particularmente alta nos períodos de floração, seguida de uma diminuição da atividade no período até a formação dos parâmetros qualitativos dos cones. O lúpulo se desenvolve bem em temperaturas entre 20 e 30° C.

Como o lúpulo se desenvolve e floresce em uma ampla faixa de luz diária, ele pode ser produzido em uma ampla faixa de latitudes. Por exemplo, a maioria dos plantios comerciais de lúpulo no mundo está presente em latitudes altas, como a região de Hallertau na Alemanha e a região de Yakima nos EUA, localizadas entre as latitudes 48° e 46° N. Nessas regiões há uma acentuada redução de horas de luz por dia no outono, que favorecem o processo de florescimento. No Brasil, entretanto, planta-se lúpulo, em pequena escala ainda, desde a região mais austral, localizada no Rio Grande do Sul, em latitudes próximas a 30° S, até regiões de plantios com latitudes próximas de 15° S, no Distrito Federal, onde em março o dia mais longo apresenta 12 h de luz. Nesses casos, a duração de horas de luz no dia pode influenciar no tempo de indução para o florescimento e no ciclo da cultura.

Em regiões de clima temperado, as gemas que sofrem indução floral são as das axilas das folhas localizadas entre o 20º e 24º nó , as quais trazem ramos laterais mistos, com folhas e inflorescências, além das gemas apicais do caule (Figuras 14 e 15). Essa característica não é observada em regiões de climas mais quentes.

Independentemente do clima, o lúpulo floresce nos ramos laterais do terço superior do caule. Para que ocorra uma formação perfeita dos cones, com tamanho natural, densos e cor verde intensa, nessa fase, é preciso que ocorra a incidência direta de luz solar sobre as gemas. Portanto, o sistema de condução das plantas, em pomares comerciais, precisa direcionar o

crescimento da planta no sentido vertical, lembrando que o lúpulo é uma trepadeira, e as ruas de plantios direcionadas no sentido Norte-Sul, e espaçadas de tal forma a contribuir para melhorar a penetração da luz no dossel da planta (Figura 16).



Figura 14 - Ramos laterais mistos trazendo folhas e inflorescências (cones) na parte superior da planta de lúpulo



Figura 15 - Detalhe de um ramo lateral misto trazendo folhas e inflorescências (cones) na parte superior da planta de lúpulo



Figura 16 - Sistema de condução do lúpulo vertical, de 5 m de altura e 3,4 metros entre as ruas de plantio

Após a maturação plena dos cones e a sua colheita, as plantas encontram-se no final do verão e inicia-se uma fase de transição até a fase de repouso ou de dormência da planta, que ocorre em todo o período do inverno. Nessa fase de transição, que ocorre no outono, há a morte gradual de folhas e ramos, com a transferência de nutrientes e reservas de carboidratos para as raízes mais grossas, onde ficam armazenadas na forma de amido durante todo inverno. As baixas temperaturas do inverno mantêm as plantas em dormência. A reserva de amido é usada na manutenção dos tecidos das raízes no processo de respiração. A quebra da dormência das gemas, assim como em todas as plantas de clima temperado, ocorre com um acúmulo de horas de frio. Nos Estados Unidos é utilizado como valor de temperatura basal, para a cultura do lúpulo 6° C, em que as plantas, dependendo da variedade, precisam estar abaixo dessa temperatura por um período entre 30 a 60 dias. A partir da quebra de dormência das gemas, a planta retoma o

seu desenvolvimento a medida que ocorre o aumento das temperaturas na primavera. Nessa época, as reservas de carboidratos do sistema radicular voltam a ser utilizadas pela planta como energia para iniciar as brotações das gemas e formação dos ramos e folhas em um novo ciclo da cultura. Em regiões em que as plantas não passam por um frio intenso, o estresse hídrico, por um período de estiagem no inverno seguido da retomada das precipitações no início da primavera, também servem de estímulo para a brotação de novos ramos.

Com as mudanças climáticas, tendem a ocorrer aumento de temperaturas, concentrações atmosféricas de CO₂, quantidade e sazonalidade da precipitação e redução na disponibilidade de recursos hídricos. No caso do lúpulo, um importante impacto fisiológico dessas mudanças climáticas inclui a diminuição da produtividade pelo aumento de temperatura durante o período de crescimento, o que acarreta em períodos mais curtos de desenvolvimento da cultura, mudanças na concentração de alfa-ácidos devido a precipitações fora de época ou temperaturas adversas durante o desenvolvimento dos cones. Essas mudanças climáticas que preocupam os produtores de lúpulo em regiões tradicionais, em clima temperado, pode ser uma realidade presente para novas áreas de produção em regiões de clima subtropical, como no Brasil. Para isso, devem ser realizadas pesquisas em regiões de clima subtropical, na seleção de variedades mais adaptadas e no desenvolvimento de novas práticas de manejo que propiciem produtividade e qualidade do lúpulo produzido.

8.1. Ciclo de vida do lúpulo

O lúpulo, por ser uma planta de clima temperado, apresenta em seu ciclo uma fase em que a planta encontra-se em dormência e uma fase vegetativa. A fase de dormência da planta se inicia no final do outono e dura todo o inverno. Essa fase termina com o surgimento de novas brotações, que ocorrem na primavera. Na fase de dormência, em que a planta não possui parte aérea viva, portanto sem folhas fotossintetizantes, a manutenção do sistema radicular se dá com as reservas de carboidratos que foram produzidos pelas folhas no outono, antes de sua queda, e acumulados nos rizomas. Nesse período todos os processos fisiológicos da planta são suprimidos. Após a quebra de dormência das gemas, que ocorre no inverno, essas se mantêm em repouso forçado, até que ocorra o aumento da temperatura e disponibilidade de água no solo, com o início da primavera. A partir desse momento, ocorrem as brotações das gemas no sistema radicular, as quais formarão novas raízes e das gemas da coroa, as quais formarão novos ramos. Nessa etapa inicia-se a fase vegetativa, com o crescimento linear dos ramos desde a brotação até a planta apresentar três internódios acima do solo, e se estende com o estabelecimento da parte aérea, quando os ramos são capazes de escalar em torno de um suporte de sustentação. Durante o crescimento dos ramos primários, na primavera e início do verão, ocorrem brotações das gemas nas axilas das folhas formando ramos laterais vegetativos. No verão, na parte superior dos ramos primários são formados, a partir das gemas nas axilas das folhas, os ramos laterais mistos, com folhas e inflorescências. Com a formação dos pistilos das flores, a taxa de crescimento dos ramos primários (caule) diminui acentuadamente e os ramos secundários

(laterais) tem um desenvolvimento intensivo. Os cones são formados com o murchamento dos estigmas e se desenvolvem até o ponto de colheita, que está relacionado à sua maturidade fisiológica. Durante o desenvolvimento dos cones, os alfa- e beta-ácidos e os óleos essenciais produzidos pelas glândulas de lupulina nos cones, atingem seu pico de qualidade e quantidade. Nessa etapa o crescimento dos ramos primários e ramos secundários cessam e os cones ficam maduros. Com o amadurecimento fisiológico e maturidade técnica, em plantios comerciais, os cones são colhidos no fim do verão e início do outono. Após a colheita, sem os cones servindo de dreno para a planta, ocorre acentuada transferência de fotoassimilados das folhas e ramos para os órgãos de reserva no sistema radicular. Com o acúmulo de reservas no sistema radicular, começa o processo de senescência da parte aérea, com a queda de folhas e terminando com a morte dos tecidos. O sistema radicular se mantém vivo utilizando as reservas no processo de respiração e as gemas entram em dormência durante o inverno voltando a brotar na primavera seguinte (Figura 17).

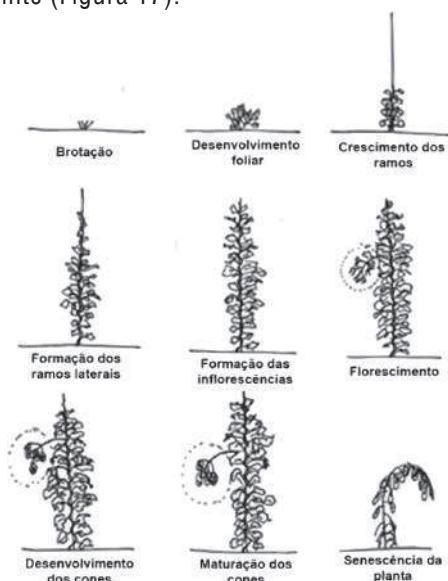


Figura 17 - Ciclo de vida do lúpulo

8.2. Ciclo produtivo do lúpulo no Brasil

O ciclo produtivo do lúpulo está diretamente relacionado aos fatores climáticos da região de cultivo. No Brasil há cultivos de lúpulo em condições de clima Cfb (classificado como clima temperado), Cwb (clima subtropical de altitude) e Cwa (clima subtropical, com verão chuvoso e inverno seco). Em locais em que as estações do ano são bem definidas, em que as temperaturas no verão são amenas e no inverno são baixas, como em São Bento do Sapucaí e Campos do Jordão/SP (Cwb), as plantas entram em dormência em abril (outono) e saem da dormência na primavera (outubro/novembro), sendo quase seis meses que permanecem nesse estágio. A partir da brotação, e nos seguintes seis meses, a planta apresenta um grande desenvolvimento vegetativo. Com o início da brotação em outubro, a planta se desenvolve e para de crescer quando atinge 5-6 metros (altura máxima da estrutura de sustentação) no final de dezembro. O começo do florescimento ocorre em janeiro. Em fevereiro existem inflorescências em diversos estádios e em março as inflorescências já estão formadas. A colheita dos cones é feita entre o final de março e início de abril, após a época das chuvas na região. A maturação plena dos cones ocorre em um período muito reduzido, de no máximo 15 dias. A época entre o início do florescimento e a maturação dos cones, ocorre entre janeiro e final de março, num período de três meses. Portanto, em regiões em que as estações são bem definidas, o florescimento se concentra no fim do verão início do outono, o que facilita a colheita dos cones.

Em regiões em que as estações do ano não são bem definidas, em que as temperaturas do ar são mais altas no verão (sem amplitude térmica) e o inverno não apresenta baixas temperaturas, ocorre uma mudança na fisiologia da planta. Com noites mais quentes a planta consome mais carboidratos produzidos nas folhas durante o dia, pela respiração. Esse maior gasto energético faz com que a planta acumule menos carboidratos e tenha um desenvolvimento mais acelerado. Nesse processo a planta vegeta muito, o que pode reduzir a sua vida útil, e ocorrem vários surtos de florescimento, o que dificulta o processo de colheita, além das modificações na concentração de alfa ácidos nos cones colhidos.

Como o lúpulo é originário de regiões de clima temperado, todo o conhecimento e manejo da cultura estudado e aplicado atualmente estão embasados em estudos desenvolvidos em regiões com características de clima semelhantes ao seu centro de origem, sendo raros os estudos com essa cultura em clima subtropical ou tropical. Portanto, estudos com a cultura do lúpulo devem ser desenvolvidos em regiões de clima Cwa para adequar o seu manejo, na intensão de uniformizar o seu ciclo e o período de colheita, podendo ser avaliados o uso da irrigação e/ou de reguladores vegetais, entre outras técnicas. O campo para pesquisa nessa área é enorme e será extremamente necessário para que novas áreas de plantio de lúpulo no Brasil sejam produtivas e rentáveis para o produtor.

8.3. Escala fenológica para lúpulo

Em diferentes espécies vegetais comerciais costuma-se utilizar escalas de identificação relacionada às diferentes etapas fenológicas de crescimento das plantas. As escalas são hoje conhecidas mundialmente e são utilizadas pela pesquisa, administração e em práticas de manejo na agricultura e horticultura, como ciência integradora com o meio ambiente, meteorologia e climatologia. O uso dessas escalas auxilia e facilita a comunicação entre produtores na determinação do estágio correto para a realização de adubações, aplicações de produtos químicos para o controle de pragas e doenças e para o ponto ideal de colheita dos cones.

A escala fenológica utilizada para o lúpulo é a BBCH desenvolvida por Rossbauer et al. (1995). As escalas dos códigos BBCH são aceitas no mundo inteiro e são usadas em entidades importantes como a Organização Europeia de Proteção de Plantas (EPPO), responsável pela proteção fitossanitária nos países da União Europeia.

A escala fenológica BBCH para o lúpulo é formada por dois números, sendo o primeiro referente ao estágio fenológico da planta e o segundo número um sub-estágio que especifica o ponto em que a planta do lúpulo se encontra.

Segue o Código Descritivo dos diferentes estádios de crescimento do lúpulo (Rossbauer et al., 1995):

0: Brotação

- 00 - Dormência: planta sem brotos (sem corte dos ramos);
- 01 - Dormência: planta sem brotos (corte dos ramos);
- 07 - Planta com brotos (sem cortes dos ramos);
- 08 - Início do crescimento da parte aérea (corte dos ramos);
- 09 - Emergência: primeiros brotos emergem na superfície do solo.

1: Desenvolvimento de folha

- 11 - Primeiro par de folhas desdobradas;
- 12 - 2º par de folhas desdobradas (início do entrelaçamento);
- 13 - 3º par de folhas desdobradas;
- 1... - Estádios contínuos até. . . ;
- 19 - 9 ou mais pares de folhas desdobradas.

2: Formação de ramos laterais

- 21 - Primeiro par de ramos laterais visíveis;
- 22 - 2º par de ramos laterais visíveis;
- 23 - 3º par de ramos laterais visíveis;
- 2... - Estádios contínuos até. . . ;
- 29 - Nove ou mais pares de ramos laterais visíveis.

3: Alongamento dos ramo principal (caule)

- 31 - Os ramos atingiram 10% da altura do fio superior;
- 32 - Os ramos atingiram 20% da altura do fio superior;
- 33 - Os ramos atingiram 30% da altura do fio superior;
- 3... - Estádios contínuos até. . . ;
- 38 - A planta atingiu o fio superior;
- 39 - Fim do crescimento dos ramos.

4: Emergência de inflorescência

- 41 - Botões de inflorescência visíveis;
- 45 - Botões de inflorescência aumentados.

5: Floração

- 51 - Início da floração: cerca de 10% das flores abertas;
- 52 - Cerca de 20% das flores abertas;
- 53 - Cerca de 30% das flores abertas;
- 54 - Cerca de 40% das flores abertas;
- 55 - Floração completa: cerca de 50% das flores abertas;
- 56 - Cerca de 60% das flores abertas;
- 57 - Cerca de 70% das flores abertas;
- 58 - Cerca de 80% das flores abertas;
- 59 - Fim da floração.

6: Desenvolvimento de cones

- 61 - Início do desenvolvimento dos cones: 10% das inflorescências são cones;
- 65 - Cones na metade do desenvolvimento: todos os cones visíveis, cones macios, estigmas ainda presentes;
- 69 - Cones com desenvolvimento completo: quase todos os cones atingiram o tamanho máximo.

7: Maturidade dos cones

- 71 - Início da maturidade: 10% dos cones são compactos;
- 72 - 20% dos cones são compactos;
- 73 - 30% dos cones são compactos;
- 74 - 40% dos cones são compactos;
- 75 - Maturidade avançada: 50% dos cones são compactos;
- 76 - 60% dos cones são compactos;
- 77 - 70% dos cones são compactos;
- 78 - 80% dos cones são compactos;
- 79 - Cones maduros para colheita: cones fechados; lupulina dourada; Potencial de aroma totalmente desenvolvido.

8: Senescência, entrada na dormência

- 82 - Cones senescentes: cone amarelo-marrom descolorido, deterioração do aroma;
- 87 - Dormência: folhas e caules mortos.

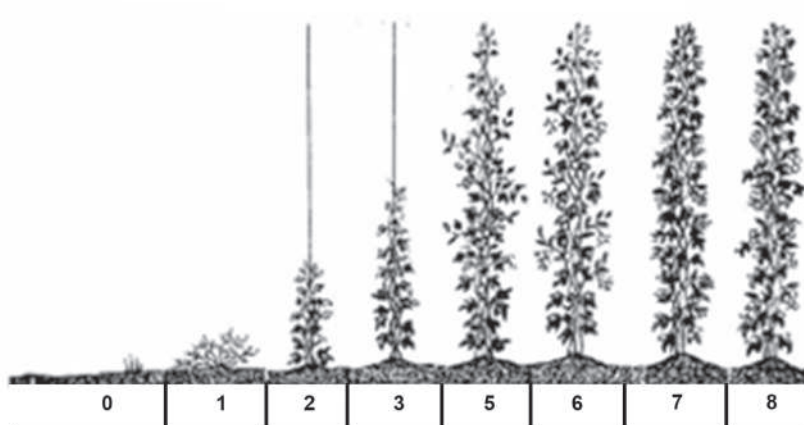


Figura 18 - Código dos diferentes estádios de crescimento da planta de lúpulo segundo a escala fenológica BBCH para lúpulo (Rossbauer et al., 1995)

Em plantios comerciais de lúpulo é realizada a propagação vegetativa, ou seja, utilizam-se partes da planta mãe para a formação das mudas. As mudas produzidas dessa maneira são plantas semelhantes (clones) à planta matriz, trazendo com isso todas as características da variedade e propiciando a formação de um pomar uniforme e produtivo. A propagação sexuada, feita com o uso de sementes na formação de mudas, não é recomendada para plantios comerciais de lúpulo, devido a alta variabilidade genética dessas sementes, que pode propiciar pomares desuniformes e com características diferentes da variedade escolhida. A propagação por sementes é importante apenas no melhoramento genético, onde a variabilidade genética é necessária para obtenção de novas variedades.

Os principais métodos de propagação vegetativa utilizados em lúpulos são: a propagação por rizomas e a propagação por estacas herbáceas.

• Rizomas

Os rizomas são caules subterrâneos, encontrados próximos à base da planta (coroa). Para a formação de mudas são coletados rizomas no inverno, durante o período de dormência da planta (Figura 19).

Uma maneira de aumentar a quantidade de rizomas na planta, para obtenção de mudas, pode ser realizada no início do período de crescimento vegetativo, onde ramos que não serão utilizados na condução da planta podem ser enrolados na base da planta, próximo ao solo, e cobertos com terra, sendo desta maneira convertidos em rizomas. No inverno seguinte, período de dormência do lúpulo, cava-se em torno da coroa da planta e os rizomas podem ser retirados com o auxílio de uma faca ou tesoura esterilizada, sendo então fragmentados em diversos

pedaços que devem conter no mínimo duas gemas e diâmetro de 15 a 20 mm.

Os segmentos de rizomas devem ser plantados em posição vertical e superficialmente no solo ou substrato, podendo ser levados diretamente ao campo ou condicionados em vasos para crescimento em casa de vegetação (Figura 20).



Figura 19 - Raízes, rizomas e segmentos de rizomas que podem ser utilizados na propagação do lúpulo



Figura 20 - Mudas de lúpulo formadas por rizomas prontas para serem levadas ao campo

- **Estacas herbáceas**

Outro método de propagação do lúpulo é o de estacas herbáceas (Figura 21). As estacas podem ser coletadas em diferentes períodos de crescimento vegetativo da planta, entretanto, estacas coletadas entre o final da primavera e o início do verão (antes do início da floração), tendem a apresentar maior enraizamento.

Em um ramo herbáceo de lúpulo podem ser retiradas várias estacas. Devem ser utilizados ramos que possuam gemas axilares de folhas bem desenvolvidas. Para a formação da estaca, deve-se utilizar uma tesoura de

poda esterilizada, e deve-se fazer um corte acima do par de folhas e outro corte 5 cm abaixo do par de folhas (nessa região não há gemas axilares) (Figura 21A). Para a formação da muda deve-se manter apenas uma folha do par próximo às gemas, cortando a outra folha na região do pecíolo (Figura 21B). Após o preparo das estacas, as mesmas devem ser colocadas em recipientes individuais (*paper pot* ou tubetes) ou em bandejas contendo substrato adequado (Figura 21C-D). Entre os substratos indicados pode-se utilizar areia esterilizada, turfa, fibra de coco, vermiculita, assim como espuma fenólica.

As estacas fixadas nos substratos devem ser mantidas sob nebulização para manter a umidade do substrato e auxiliar no processo de fotossíntese da folha remanescente, necessário para obtenção de energia para o enraizamento (Figura 21E). Após 15 dias, pode-se observar novas brotações e a presença de raízes (Figura 21F-H). Quando as raízes estiverem bem formadas e as gemas laterais já apresentarem brotações, as plantas devem ser transplantadas para recipientes maiores (sacos ou vasos) contendo solo ou substrato e devem ser mantidas em casa de vegetação, com manejo de irrigação e de fertilização, além dos tratos fitossanitários adequados (Figura 21I). As plantas estarão prontas para serem levadas ao campo cerca de quatro a seis semanas após o transplante, quando essas apresentam novas brotações.



Figura 21 - Processo de propagação por estacas herbáceas: A) Corte próximo ao par de gemas; B) Estaca com apenas uma folha; C) Utilização de *paper pot* individual com substrato comercial de turfa; D) Disposição em bandejas; E) Utilização de nebulização; F) Crescimento de novas brotações após duas semanas; G-H) Crescimento do sistema radicular e de novas brotações; I) Transplântio para vaso com substrato comercial

10.1. Solo adequado para o cultivo do lúpulo

As plantas de lúpulo se desenvolvem bem em diferentes tipos de solos, desde que estes sejam férteis e que consigam reter umidade. Em geral, entre os solos, as plantas de lúpulo se desenvolvem melhor em solos franco-arenoso profundos, com pH entre 6,5 a 7. Entretanto, o tipo de solo pode variar de acordo com a variedade de lúpulo. Solos franco-argilosos não são adequados para o cultivo da cultura. As plantas precisam de porosidade para o desenvolvimento do sistema radicular e umidade perto do ponto da capacidade de campo do solo, pois os rizomas não toleram ficar muito tempo em solos muito secos. O lúpulo se desenvolve bem em solos de granito-gnaiss, cambisolos ou podsolos, solos intemperizados (muita chuva), alta porosidade e vales com grande acúmulo de sedimento. Esse tipo de solo tem uma capacidade de produção muito maior, pois a água está logo abaixo, sendo fácil absorvida pela planta. Portanto, o lúpulo se desenvolve bem em solos com grande acúmulo de matéria orgânica, solos de aluvião, sedimentares e em solos de várzea, os quais são normalmente descartados para outros cultivos comerciais.

10.2. Implantação e manejo do pomar

10.2.1. Escolha da área

Na escolha da área é importante que o terreno seja plano ou levemente inclinado devendo-se evitar o plantio em locais com muito declive. As linhas de plantio devem estar na orientação Norte-Sul, para que as plantas tenham maior incidência de luz sobre elas e para que não ocorra sombreamento entre as plantas de lúpulo das diferentes linhas de plantio. A área deve ser protegida do vento (uso de quebra-vento). Caso a estrutura de sustentação das plantas

não estiver bem escorada, pode cair com o peso das plantas, com a chuva e com o vento, pois a estrutura forma uma barreira compacta, quase como uma parede.

10.2.2. Preparo do solo

Para o preparo do solo na implantação de uma área de lúpulo deve-se fazer aração e gradagem. Como normalmente o lúpulo é plantado em solos com o lençol freático muito próximo à superfície, a realização da aração de média profundidade poderá levantar a terra que ainda não foi intemperizada, e isso não é adequado. O solo tem que ser trabalhado com 30 cm de profundidade, por já estar intemperizado e onde a matéria orgânica se encontra disponível.

10.2.3. Preparo da área a ser plantada

Em áreas virgens, nas quais nada foi cultivado anteriormente, após o preparo do solo, recomenda-se fazer um plantio com adubo verde um ano antes do plantio definitivo do lúpulo.

Em áreas prontas para o plantio do lúpulo, o calcário deve ser aplicado em área total, pelo menos 2 meses antes do plantio. Em solos ácidos, como os que ocorrem em todo o Brasil, a correção deve ser feita com calcário dolomítico na base de 2 a 3 t/ha. Quantidades superiores de calcário, mais de 3-3,5 t/ha, podem gerar um quadro de deficiência de magnésio na planta, e de nitrogênio indiretamente, devido à mudança brusca de pH, o que prejudica a disponibilidade de alguns nutrientes no solo. Hoje para o lúpulo brasileiro trabalha-se com solo na faixa de pH 4,5 a 5,5. Entretanto, mais importante do que o pH é a saturação de bases (V%). Os solos brasileiros apresentam V% em torno de 40-45%. No caso do lúpulo deve-se elevar para 70%.

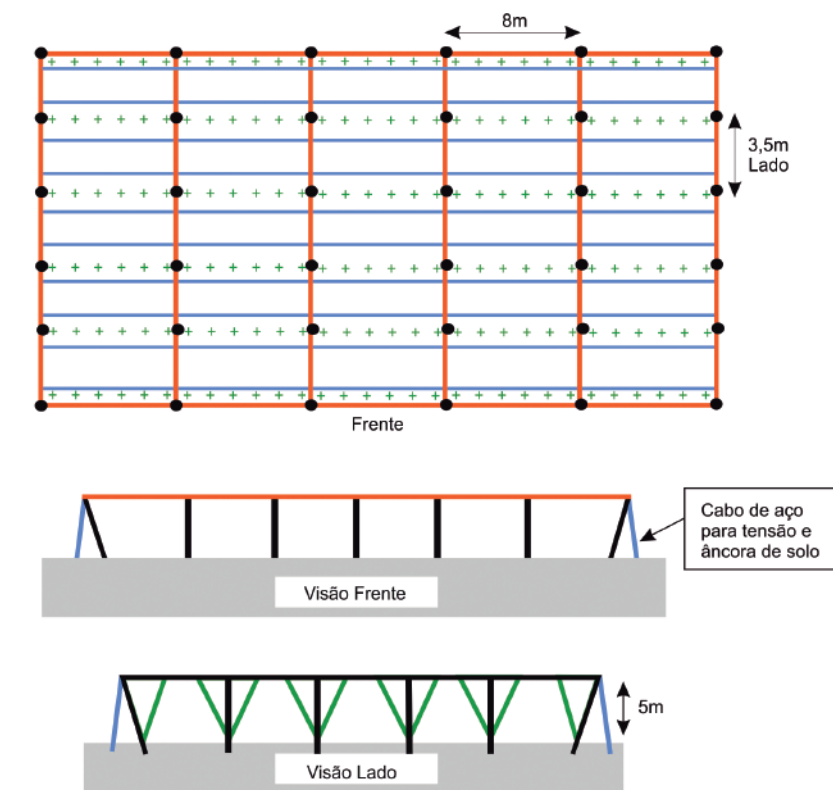
Não se deve colocar o fósforo junto com calcário durante o preparo da área, pois ocorre oclusão. O fósforo deve ser aplicado somente na época do plantio, em profundidade. Recomenda-se colocar na cova um termofosfato solúvel.

10.2.4. Espaçamento e estrutura de sustentação das plantas

O espaçamento recomendado para o plantio de lúpulo é de 3,5 m entre linhas e 1,4 m entre plantas, o que dá, aproximadamente, 2040 plantas/ha. Por ser uma planta trepadeira há a necessidade de um sistema de condução para sustentá-las. O tipo de sistema de sustentação utilizado em lúpulo prevê a condução das plantas de forma a evitar sombreamento entre elas, pois o estímulo luminoso é necessário para a formação dos cones. Portanto, como sistema de sustentação para a plantação de lúpulo utilizam-se postes fixados verticalmente a cada 8 m na linha de plantio, os quais servirão de tutores. Os postes devem ser preferencialmente de eucalipto tratado (duram mais), com 6 m de comprimento e enterrados em 1 m, deixando 5 m de altura para que as plantas desenvolvam o seu potencial máximo de produção. Entre os postes na linha de plantio das extremidades, assim como entre os postes perpendiculares à linha de plantio, deve-se fixar no topo, fio de arame principal galvanizado nº 12 (2 mm de diâmetro), o qual sustentará o fio de arame secundário que é fixado nas linhas de plantio e fixados nas extremidades ao fio principal (Figura 22). O fio de arame galvanizado secundário deve ser o nº 15 (1,45 mm de diâmetro). Entre a planta e o arame secundário são fixados fios de náilon em “V”. As plantas são conduzidas pelos fios de náilon, as quais se enrolam e sobem até o fio de arame secundário (Figura 23).

Para uma área de implantação referência para a produção de lúpulo recomenda-se 0,25 hectares. Para essa área de produção são necessários:

- ⇒ 105 postes de 6 m de altura com 10-15 cm de diâmetro;
- ⇒ 540 m de cabo de aço nº 12 (2 mm de diâmetro);
- ⇒ 1700 m de cabo de aço nº 15 (1,45 mm de diâmetro);
- ⇒ 16 esticadores de cabo de aço;
- ⇒ 16 âncoras de solo (fixação cabo de aço);
- ⇒ 500 mudas do lúpulo, mais 50 mudas para replantio; e
- ⇒ 5.000 m de barbante sintético (náilon).



- Postes (preferencialmente eucalipto tratado)
- + Plantas de lúpulo.
- Linhas Principais (fio de aço galvanizado nº 12)
- Linhas de suporte secundário (fio de aço galvanizado nº 15). Estes passam sobre as linhas principais durante a instalação e são fixadas à linha principal na extremidade.
- Fio de nylon para tutoramento das plantas. São fixos as linhas secundárias.

Figura 22 - Estrutura de sustentação do cultivo



Figura 23 - Cultivo comercial de lúpulo 'Mantiqueira', em São Bento do Sapucaí, SP

10.2.5. Preparo das covas

Para o preparo das covas deve-se levar em consideração que as raízes do lúpulo encontram-se em maior volume entre 20 e 30 cm de profundidade. Portanto, deve-se evitar trabalhar camadas profundas, pois o solo não está pronto e não é utilizado pela planta. Deve-se fazer um canteiro (uma elevação no terreno) no momento do preparo da cova e para o plantio. Deve-se usar um encanteirador para levantar o solo e deixá-lo mais fofo. Isso evita o risco das raízes chegarem próximo ao lençol freático em solos rasos, além de

facilitar o desenvolvimento do sistema radicular. A planta de lúpulo até suporta um período de inundação, mas não suportaria, por exemplo, ficar no brejo. Nesses casos ocorre asfixia do sistema radicular que leva a morte das raízes e consequentemente a morte da planta.

10.2.6. Plantio das mudas

As mudas já formadas e com um bom nível de raízes possibilita produzir no primeiro ano cerca de 10 a 15% do potencial produtivo da variedade. O plantio de rizomas direto no campo, como normalmente é feito, pode gerar um padrão de brotação e formação de mudas não uniforme. O plantio de mudas provenientes de lotes uniformes, já brotadas e enraizadas, determina um ganho para o produtor em tempo, qualidade, uniformidade e padrão.

No plantio, as raízes da planta devem ficar a uma profundidade de 20 a 30 cm a partir da superfície do solo. As mudas devem ser plantadas de forma que o colo da planta junto com o substrato fiquem no mesmo nível do solo. Para tutorar o crescimento vertical da planta, deve-se utilizar fio de náilon com tratamento ultravioleta, para resistir à insolação, sendo o mesmo usado para a produção de tomate. Coloca-se um cabresto no solo (pedaço de 30 cm de madeira com arame galvanizado amarrado e deixado com uma argola) que deve ser enterrado próximo ao colo da planta no momento do plantio. A argola deve ficar acima da superfície do solo e nela serão amarrados os fios de náilon em forma de “V” que suportarão as plantas durante seu crescimento (Figura 24).



Figura 24 - Tamanho da cova, plantio da muda e tutoramento das plantas de lúpulo em fios de náilon em “V”

10.2.7. Adubação

• Adubação química

A adubação de formação é feita em cobertura no 1º ano, com três aplicações de 50 g de NPK 10-10-10 por planta, sendo a primeira no início da brotação em meados de outubro, a segunda em meados de dezembro e a terceira no final de janeiro ou início de fevereiro. No 2º ano podem ser feitas três aplicações de 100g a 150g de NPK por planta, sendo importante na época de novembro/dezembro complementar com adubação nitrogenada, com o uso de ureia ou sulfato de amônia, para promover um maior crescimento da planta. O lúpulo responde muito bem à adubação nitrogenada. A adubação feita em setembro produzirá efeitos na planta em dezembro. Em dezembro é importante parar com o uso do nitrogênio e iniciar a adubação à base de potássio, que pode ser via foliar, para intensificar a qualidade da floração. Recomenda-se, também, o uso de Ca e B (boro), via foliar, um pouco antes da floração, para melhorar a intensidade e a qualidade das inflorescências.

• Adubação verde/*mulching*

Entre as linhas de plantio, recomenda-se semear em regiões frias um adubo verde como o trevo branco (*Trifolium repens*), que propicia uma boa cobertura do solo, fixa nitrogênio, além de ser possível, também, produzir um excelente mel. Outra opção de adubo verde seria, antes do plantio do lúpulo, semear a área com crotalária (*Crotalaria juncea*) ou mucuna preta (*Mucuna pruriens*), que produz uma boa cobertura do solo (*mulching*) no período do inverno, época em que é feita a poda da planta de lúpulo e, assim, protegendo o solo de erosão e mantendo a umidade para a planta. No período de inverno, em que a parte da planta que fica descoberta no solo (coroa) sente muito com a seca ou com geada muito intensa, pode-se recobrir com esterco. A coroa da planta é de onde brotarão os novos ramos, portanto, é preciso protegê-la de alguma maneira. Para isso, o esterco precisa ter uma alta relação carbono/nitrogênio. Pode ser utilizado o esterco bovino, que é muito bom, ou o esterco de carneiro, que melhora a microbiota do solo. Não

deve ser utilizada cama de aviário, pois o esterco de galinha pode queimar a planta.

10.2.8. Manejo do pomar

• Manejo 1º ano

No 1º ano do plantio, dependendo do clima e do vigor da planta, pode ocorrer uma pequena produção. Quando há produção, no período de colheita faz-se o corte da parte vegetativa e sua retirada da área para a seleção dos cones. Caso não haja produção no 1º ano, pode-se deixar a parte vegetativa se desenvolver e somente cortá-la após o início de uma nova brotação, que ocorre na coroa da planta. A manutenção da parte vegetativa faz com que nutrientes e carboidratos sejam acumulados no rizoma, desse modo haverá mais energia para o desenvolvimento dos novos ramos da planta. Caso a planta produza, mas esteja muito fraca é bom não retirar a parte vegetativa. Nesse caso, pode-se colher os cones na própria planta e deixar a parte vegetativa para que os nutrientes sejam translocados para o rizoma acumulando assim reservas para a brotação dos novos ramos.

• Manejo a partir do 2º ano

A partir do 2º ano, após a brotação, é necessário fazer uma seleção de ramos e conduzi-los para que esses possam se enrolar nos fios de náilon facilitando assim a sua subida. Caso não seja feita essa ajuda, os ramos normalmente crescem para o lado ou para baixo e não se fixam no fio. Para que haja indução floral, a planta precisa atingir um grande crescimento vertical, normalmente determinado pela altura da estrutura de sustentação, pois necessita de luz direta incidindo em suas gemas. Para que isso ocorra, no momento de condução dos ramos nos fios de náilon, deixa-se por planta apenas dois ramos, sendo feito o desbaste dos demais ramos. Nesse caso são escolhidos os ramos mais vigorosos e saudáveis.

Quanto a manutenção da área de plantio, caso não esteja sendo utilizado adubo verde, deve-se roçar o mato para controlar as ervas invasoras. Pode-se manter uma cobertura do solo, com a semeadura de alguma gramínea,

como a grama São Carlos ou azevém, capim Quicuío (*Pennisetum Clandestinum*), para formar uma cobertura vegetal perene. Não é recomendado o uso de brachiária, pois essa gramínea compete por nutrientes com o lúpulo. Outra manutenção importante, já comentada e que deve ser feita com frequência, é a condução dos ramos no fio de náilon e, eventualmente o uso de irrigação.

A partir do 2º ano, no período de colheita, deve-se cortar a parte aérea da planta e leva-la para um galpão onde se realizará a colheita manual dos cones.

Depois de implantada a área, o lúpulo ao longo dos anos forma uma trama de raízes que vão se entrelaçando entre as linhas de plantio e que se torna um dreno de energia das plantas. Portanto, é recomendável que se rompa estas tramas com subsolagem de 50-60 cm de profundidade a cada 2 a 3 anos.

10.2.9. Pragas e doenças

Como o plantio comercial do lúpulo no Brasil é recente, e ocupa pequenas áreas de produção, ainda não foi relatada oficialmente doenças e pragas nessa cultura em nosso país. Na cultura do lúpulo, porém existem importantes doenças que causam danos em folhas, ramos e em cones, podendo causar grandes prejuízos. Caso o produtor veja uma associação constante de algum sintoma nos diferentes órgãos da planta e que esteja causando danos, esse deve procurar um agrônomo para um diagnóstico mais assertivo sobre a causa e consequentemente o método de controle.

Em pomares comerciais brasileiros de lúpulo há relatos de ocorrência de formigas cortadeiras, entre elas as saúvas e as quenquês (*Atta sexdens*, *Atta laevigata* e *Acromyrmex* spp.) que podem causar severas desfolhas nas plantas. Nesses casos é aconselhado o uso de iscas tóxicas granuladas.

A colheita realizada no Brasil é manual, sendo realizada quando os cones encontram-se maduros. No momento da colheita devem ser cortados os fios de náilon que suportam a parte aérea da planta, deixando-se apenas o cabresto no solo, que será reutilizado no ano seguinte.

Espera-se uma produtividade mínima de 1 kg/planta de lúpulo fresco (antes da secagem), mas que pode até dobrar esse valor, chegando a 2 a 2,5 kg/planta, ou seja 500 a 1000 kg de lúpulo fresco para 0,25 ha.

11.1. Ponto de colheita dos cones

Os sinais de maturação dos cones estão relacionados ao ponto máximo do aroma, aspecto visual e aspecto tátil. Nesse caso, ao se pegar o cone e apertá-lo, ele vai fazer um barulhinho, como se estivesse amassando uma palha seca; um barulho quebradiço. Portanto, a principal característica para o ponto de colheita é o teste do barulho. Entretanto, o cone ainda deve estar verde e herbáceo. Existem também maneiras instrumentais e analíticas para definir este ponto de maturação. Na prática os cones não podem mudar de cor, pois a mudança para amarelo indica que ele está oxidando e ocorre a perda das qualidades aromáticas devido a essa oxidação. Caso a colheita seja muito precoce predominará o aroma herbáceo, que não reflete o potencial aromático da variedade (aroma mais cítrico). A janela de colheita ideal é de cerca de duas semanas. O barulho ao apertar os cones indica o fim da janela, sendo ideal colher uma ou duas semanas antes. Com isso, após as primeiras colheitas, o produtor começa a conhecer a janela ideal de maturação dos cones em seu pomar, em função da região de plantio e condição climática durante a safra.

Por ser manual a colheita no Brasil, exige mão-de-obra compatível com a área plantada. Por isso recomenda-se iniciar com áreas de produção de no máximo 0,5 ha para cada produtor, num total de 1020 plantas. O ideal seria começar com uma área ainda menor, de 0,25 ha, com 500 plantas. A colheita pode ser realizada com 4 a 5 pessoas. Em uma área de 0,25 ha é possível realizar a colheita dos cones com a mão de obra da própria família do agricultor.

Para a colheita um operador deve utilizar um andaime ou uma escada para realizar o corte da parte de cima da planta, desprendendo os ramos que estão fixados no arame secundário, no topo da estrutura de sustentação (Figura 25). Outro operador, enquanto isso faz um corte na parte baixa da planta puxando-a e a colocando em uma carreta. No sistema de plantio em “V”, com uma passagem da carreta podem ser colhidas duas linhas de plantio simultaneamente. O corte na parte baixa pode ser realizado a uma altura de 1,5 m, a partir do solo, pois na parte inferior da planta não são produzidas inflorescências. Dessa maneira evita-se colocar na carreta um elevado e desnecessário volume de partes vegetativas da planta que será levado para a seleção dos cones e posterior beneficiamento. O restante da base da planta pode ser cortado posteriormente.

A parte vegetativa transportada pela carreta deve ser levada para um local (galpão) para a retirada dos cones. No galpão a parte vegetativa deve ser colocada sobre mesas com tela onde se faz a seleção manual dos cones (Figura 26).



Figura 25 - Colheita do lúpulo com auxílio de andaime e o transporte da parte vegetal com uma carreta para um galpão, onde serão selecionados os cones



Figura 26 - Parte vegetativa das plantas de lúpulo colhidas no pomar e colocadas sobre uma mesa para a seleção e retirada dos cones

11.2. Colheita mecanizada e seleção dos cones

Em países que possuem grandes áreas plantadas, a colheita é toda mecanizada, realizada pelas próprias fazendas ou por cooperativas. Existem máquinas pequenas, portáteis, para fazer este tipo de colheita e a seleção dos cones, mas ainda são caras para a escala de produção que se tem no Brasil. Alguns testes vêm sendo realizados com máquinas colheitadeiras de lúpulo no Brasil, com bons resultados.

12.1. Beneficiamento

Após a colheita, os cones precisam ser processados o mais rápido possível para a manutenção da qualidade. Os cones recém-colhidos contêm 75-80% de umidade e se deterioram em poucas horas à temperatura ambiente. Caso o beneficiamento seja demorado pode haver o desprendimento das glândulas de lupulina dos cones, o que reduz drasticamente a qualidade do produto (Figura 27).



Figura 27 - Lúpulo colhido e selecionado que será beneficiado no mesmo dia, para que não ocorra perda na sua qualidade

Para manter os cones íntegros sem secagem, é necessário fazer um congelamento desses cones a temperaturas inferiores a -10°C . Entretanto, o processo mais viável de conservação é pela secagem dos cones logo após colheita. A secagem deve ser feita até os cones atingirem 9 a 11% de umidade. No processo de secagem amplamente utilizada em todo o mundo, os cones devem permanecer em temperaturas entre 55 e 65°C (Figura 28).



Figura 28 - Cones de lúpulo colocados para secagem em estufa a 60°C

A secagem dos cones também pode ser feita por insuflação de ar ambiente, o que reduz o custo energético e de equipamentos, mas prolonga o tempo de secagem e que pode comprometer um pouco a qualidade final do lúpulo.

Para se calcular a umidade dos cones pode-se utilizar a seguinte estratégia. Primeiro deve-se coletar 100 cones e colocá-los em um microondas até que o seu peso fique constate. Nesse ponto, os cones estarão com 0% de umidade. Deve-se então pesar os cones secos (0% de umidade) para saber o seu valor em gramas. Sabendo-se que 100 cones secos pesam “x” gramas, deve-se multiplicar o valor do peso por 1,1, ou seja, “x” gramas vezes 1,1, e esse será o peso de 100 cones com 10% de

umidade. Sabendo-se o peso de 100 cones com 10% de umidade, deve-se utilizar esse valor durante todo o processo de secagem, retirando ao longo do tempo 100 cones ao acaso para amostragem de peso, e consequentemente do teor de umidade dos cones. O tempo para secagem está diretamente relacionado ao teor de umidade dos cones no momento da colheita.

Como opção, após a colheita dos cones, o lúpulo pode ser usado diretamente para produção de cerveja, prática conhecida como *fresh hopping*. É muito importante, nesse caso, não deixar para usar no dia seguinte à colheita, pois os cones se deterioram rapidamente com a umidade alta.

12.2. Equipamentos para o beneficiamento

Outra maneira de beneficiar os cones é com o uso de “secador a frio por exaustão”, feito com caixas de madeira / MDF; tela fina (filó) nas gavetas para depósito dos cones. As gavetas se encaixam umas sobre as outras, e embaixo se encaixa uma caixa mais alta com furos para a entrada de ar. Dentro da caixa superior se instala uma hélice/motor de exaustão (o mesmo usado para cozinhas ou banheiros); a passagem de ar a frio entre as diferentes caixas vai fazer com que o lúpulo seque (Figura 29). Após 24 horas de secagem, o lúpulo deve chegar próximo a 10% de umidade, dependendo das condições de temperatura e umidade do ambiente.



Figura 29 - Caixas para a secagem de lúpulo a frio por exaustão

12.3. Armazenagem dos cones

Após a secagem, os cones devem ser embalados a vácuo em embalagem metalizada para evitar a degradação pela luz (Figura 30). Para esse processo é necessário que o produtor tenha uma máquina de vácuo. Depois dos cones embalados, as embalagens podem ser guardadas resfriadas, congeladas ou até mesmo em ambiente.



Figura 30 - Cones de lúpulo embalados a vácuo em embalagens metalizadas para evitar a degradação pela luz

12.4. Comercialização

Para a comercialização, melhor seria vender o lúpulo fresco, pois assim há um ganho no preço e no peso, entretanto, nesse caso o problema é a logística, pois teria que coincidir a brassagem no processo de fabricação da cerveja ou do *dry hopping* com os dias de colheita, sendo aconselhável o máximo de 12 horas entre a colheita e o processamento. Portanto, normalmente se faz a venda do lúpulo embalado a vácuo depois do processo de secagem dos cones.

BEHRE, K.E. The history of beer additives in Europe: a review. **Vegetation History and Archaeobotany**, Wilhelmshaven, v. 8, p. 35-48, 1999.

CRAIN, M.N. **Factors controlling hop flowering and their potential and their potential for use in the brewing and pharmaceutical industries**. 2011. 33 p. Thesis (Honors Program Theses) - University Honors Program, University of Northern Iowa, Cedar Falls, 2011.

CUNHA, A.P.; SILVA, A.P.; ROQUE, O.R. **Plantas e produtos vegetais em fitoterapia**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2003. 701 p.

DELMULLE, L. et al. Anti-proliferative properties of prenylated flavonoids from hops (*Humulus lupulus* L) in human prostate cancer cell lines. **Phytomedicine**, Jena, v. 13, n. 9/10, p. 732-734, 2006.

HOPUNION, L.L.C. **Hop variety handbook**. Washington: Yakima, 2011.

KARABIN, M. et al. Biologically active compounds from hops and prospects for their use. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, New York, v. 15, p. 542-567, 2016.

KENNY, S.T. Photosynthetic measurements in hop (*Humulus* spp.). **Acta Horticulturae**, The Hague, n. 668, p. 241-248, 2005.

KNEEN, R. **Small scale and organic hops production manual**. British Columbia, 2003. Disponível em: <<http://cesonoma.ucanr.edu/files/238645.pdf>>. Acesso em: 06 maio 2019.

MAGALHÃES, P.J. et al. Fundamentals and health benefits of xanthohumol, a natural product derived from hops and beer. **Natural Product Communications**, Westerville, v. 4, n. 5, p. 591-610, 2009.

MURAKAMI, A. et al. Molecular phylogeny of wild hops, *Humulus lupulus* L. **Heredity**, Berlin, v. 97, p. 66-74, 2006.

NEVE, R.A. **Hops**. Suffolk: Chapman and Hall, 1991. 266 p.

PINTO, M.B.C. **Isomerização de ácidos amargos de lúpulo cascade cultivado no Brasil e seu desempenho durante a fermentação da cerveja**. 2018. 82 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2018.

POKORNÝ, J. et al. Photosynthetic activity of selected genotypes of hops (*Humulus lupulus* L.) in critical periods for yield formation. **Plant Soil and Environment**, Amsterdam, v. 57, n. 6, p. 264-270, 2011.

ROBERTS, T.R.; WILSON, R.J.H. Hops. In: STEWART, G.G.; PRIEST, F.G. (Ed.). **Handbook of brewing**. Boca Raton: CRC Press, 2006.

ROCHA, F.A.Z. **Distribuição e ecologia do lúpulo (*Humulus lupulus* L. subsp. *lupulus*) em Portugal**. 2005. 2013 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade do Minho, Minho, 2005.

ROSSBAUER, G. et al. Phänologische Entwicklungsstadien von KulturHopfen (*Humulus lupulus* L.). **Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes**, Stuttgart, v. 47, n. 10, S. 249-253, 1995.

RYBÁČEK V. **Hop production**. Amsterdam: Elsevier Science, 1991. 286 p.
(Developments in Crop Science, 16).

SMALL E. A numerical and nomenclatural analysis of morpho-geotaphic taxa of *Humulus*. **Systematic Botany**, Notre Dame, v. 3, n. 1, p. 37-76, 1978.

INFORMAÇÕES AOS AUTORES

A Série Produtor Rural é editada desde 1997 pela Divisão de Biblioteca da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/USP e tem como objetivo publicar textos acessíveis aos produtores com temas diversificados e informações práticas, contribuindo para a Extensão Rural.

Pode publicar

- Pesquisadores e docentes da ESALQ e CENA;
- Alunos cujos textos serão revisados por orientadores ou quem o Presidente da Comissão de Cultura e Extensão designar;
- Demais pesquisadores, porém, com a chancela da Comissão de Cultura e Extensão que avaliará os textos previamente.

Requisitos para publicação

- Texto redigido em Word, com linguagem simples, acessível e didática a ser encaminhado para: referencia.esalq@usp.br
- Ilustrações e figuras em alta resolução, facilitando a compreensão do texto.

www.esalq.usp.br/biblioteca/publicacoes-a-venda/serie-produtor-rural

COMO ADQUIRIR

Para adquirir as publicações, depositar no Banco do Brasil, Agência 0056-6, C/C 306.344-5 o valor referente ao(s) exemplar(s), acrescido de R\$ 7,50 para o envio, posteriormente enviar via fax (19) 3429-4340, e-mail ou correspondência o comprovante de depósito, o(s) título(s) da(s) publicação(ões), nome e endereço completo para fazermos o envio, ou através de cheque nominal à Universidade de São Paulo - ESALQ.

Acesse nosso site

www.esalq.usp.br/biblioteca

Série Produtor Rural

USP/ESALQ/DIBD

A Série Produtor Rural é editada desde 1997 pela Divisão de Biblioteca da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP e tem como objetivo publicar textos acessíveis aos produtores com temas diversificados e informações práticas, contribuindo para a Extensão Rural.