

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC
CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS – CAV
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL – PPGPV

JESSIANE MARY JASTROMBEK

**VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DE CULTIVARES DE LÚPULO NO
PLANALTO SERRANO**

LAGES, SC

2022

JESSIANE MARY JASTROMBEK

**VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DE CULTIVARES DE LÚPULO NO
PLANALTO SERRANO**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Produção Vegetal pelo Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agroveterinária – CAV, da Universidade do Estado de Santa Catarina – Udesc.

Orientador: Prof. Dr. Leo Rufato

Co-orientador: Prof. Dr. Douglas André Wurz

LAGES, SC

2022

**Ficha catalográfica elaborada pelo programa de geração automática da
Biblioteca Setorial do CAV/UEDESC,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

Jastrombek, Jessiane Mary
VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DE
CULTIVARES DE LÚPULO NO PLANALTO SERRANO /
Jessiane Mary Jastrombek. -- 2022.
77 p.

Orientador: Leo Rufato
Coorientador: Douglas André Wurz
Dissertação (mestrado) -- Universidade do Estado de
Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias,
Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Lages,
2022.

1. Humulus lupulus L.. 2. Cultivo de lúpulo. 3. Compostos
químicos. 4. Custo de produção. 5. Rentabilidade. I. Rufato,
Leo . II. Wurz, Douglas André. III. Universidade do Estado de
Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias,
Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal. IV.
Titulo.

JESSIANE MARY JASTROMBEK

VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DE CULTIVARES DE LÚPULO NO
PLANALTO SERRANO

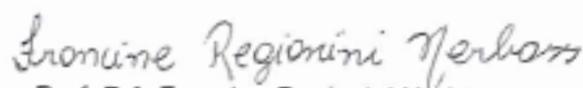
Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal pelo Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agroveterinárias – CAV, da Universidade do Estado de Santa Catarina – Udesc.

Banca examinadora:

Orientador:


Prof. Dr. Leo Rufato
Universidade do Estado de Santa Catarina

Membros:


Prof. Drª. Francine Regianini Nerbass
Universidade do Estado de Santa Catarina


Pesquisador Dr. Felipe Augusto Moretti Ferreira Pinto
EPAGRI – São Joaquim - SC

Lages, 16 de Fevereiro de 2022

AGRADECIMENTOS

À Deus, por sempre iluminar meu caminho, sobretudo, durante esta jornada.

À minha família, meu pai Gilberto, minha mãe Olga, minhas irmãs Jaíne e Jéssica, meu cunhado Eliezer (*in memoriam*), meus sobrinhos Rafael e Kiara, que sempre me apoiaram e não mediram esforços para que eu chegasse até aqui.

Aos meus amigos, aqueles que compartilhei momentos de alegrias e conquistas.

Ao meu orientador Prof. Dr. Leo Rufato, por todo conhecimento compartilhado e crescimento profissional.

Ao meu co-orientador Prof. Dr. Douglas André Wurz, pelas sugestões e contribuições ao trabalho.

A 'VG Hoppery' e a familiar Vargas por toda contribuição e incentivo a pesquisa na cultura do lúpulo.

A todos os colegas do laboratório de Fruticultura, pelas conversas e experiências vividas durante o mestrado. Em especial a Mariana Mendes Fagherazzi e ao Vinícius Bizolo Sommer, por todo conhecimento compartilhado sobre a cultura do lúpulo.

A todos os professores e colaboradores da Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias (UDESC), em especial ao programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal.

Obrigada a todos pela paciência, confiança, amizade, conselhos, ensinamentos e incentivos.

RESUMO

O lúpulo (*Humulus lupulus* Linnaeus.) tem grande importância econômica, é um dos principais ingredientes da cerveja, conferindo aroma, amargo e estabilidade microbiológica. O Brasil não produz lúpulo em escala comercial, sendo necessário importar o lúpulo para suprir a demanda do setor cervejeiro. No entanto, nos últimos anos o cultivo de lúpulo no país vem crescendo, devido ao aumento do número de novas cervejarias, que demandam de matéria-prima diversificada, de qualidade e mais acessível, para a produção de diversos tipos de cervejas. Nesse sentido, o presente estudo tem por objetivo determinar a viabilidade técnica e econômica de cultivares de lúpulo adaptadas ao cultivo no Planalto Serrano. Os experimentos foram conduzidos em dois locais, na Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), no município de Lages-SC, e na VG Hopperly no município de Palmeira-SC. Em ambos os experimentos, o delineamento foi de blocos casualizados com quatro blocos, e dez plantas por repetição. No experimento I os tratamentos foram constituídos pelas cultivares Cascade, Chinook, Columbus e Mapuche, avaliados nas safras de 2019/20 e 2020/21. No experimento II, os tratamentos foram constituídos pelas cultivares Cascade, Chinook e Columbus, com plantas de terceiro e segundo ano, avaliados na safra 2020/21. A fenologia das cultivares, e as variáveis produtivas e as qualitativas dos cones no terço superior, médio e inferior da planta foram avaliadas. No experimento I verificou-se potencial produtivo de quatro cultivares de lúpulo, sendo a cultivar 'Chinook' a de maior produção de lúpulo seco ($88,25 \text{ g planta}^{-1}$). No experimento II, no município de Palmeira a cultivar 'Cascade' tanto no segundo e terceiro ano alcançou valores de produção de $121,25 \text{ g planta}^{-1}$ e $113,70 \text{ g planta}^{-1}$ de lúpulo seco, respectivamente. Para análise de perfil da planta, o terço inferior apresentou menor qualidade de cones. Com esse estudo é possível afirmar que o cultivo de lúpulo é uma alternativa para a diversificação da propriedade rural na região Serrana. A cultura do lúpulo apresenta viabilidade técnica e econômica, com rentabilidade a partir do quinto ano de produção.

Palavras-chave: *Humulus lupulus* L.; Cultivo de lúpulo; Compostos químicos; Custo de produção; Rentabilidade.

ABSTRACT

TECHNICAL AND ECONOMIC FEASIBILITY OF HOPS CULTIVARS IN THE PLANALTO SERRANO

Hops (*Humulus lupulus* Linnaeus.) has great economic importance, it is one of the main ingredients of beer, providing aroma, bitterness and microbiological stability. Brazil does not produce hops on a commercial scale, and it is necessary to import hops to suppress demand from the brewing sector. However, in recent years hop cultivation in the country has been growing, due to the increase in the number of new breweries, which demand diversified, quality and more accessible raw materials for the production of different types of beers. In this sense, the present study aims to determine the technical and economic viability of hop cultivars adapted to cultivation in the Planalto Serrano. The experiments were carried out in two locations, at the Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), in the city of Lages-SC, and at VG Hoppery in the city of Palmeira-SC. In both experiments, the design was randomized blocks with four blocks, and ten plants per replication. In experiment I, the treatments consisted of the Cascade, Chinook, Columbus and Mapuche cultivars, evaluated in the 2019/20 and 2020/21 harvests. In experiment II, the treatments consisted of the Cascade, Chinook and Columbus cultivars, with third and second year plants, evaluated in the 2020/21 harvest. The phenology of the cultivars, and the productive and qualitative variables of the cones in the upper, middle and lower thirds of the plant were evaluated. In experiment I, yield potential of four hop cultivars was verified, being the cultivar 'Chinook' the one with the highest production of dry hops (88.25 g plant⁻¹). In experiment II, in the municipality of Palmeira, the cultivar 'Cascade' both in the second and third year reached production values of 121.25 g plant⁻¹ and 113.70 g plant⁻¹ of dry hops, respectively. For plant profile analysis, the lower third showed lower quality of cones. With this study it is possible to affirm that the cultivation of hops is an alternative for the diversification of rural property in the Serrana region. The hop culture presents technical and economic viability, with profitability from the fifth year of production.

Keywords: *Humulus lupulus* L.; Hop cultivation; Chemical compounds; Production cost; Profitability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Inflorescência feminina (A) e masculina (B) de planta de lúpulo.....	17
Figura 2 - Morfologia dos cones de lúpulo e glândulas de lupulina: (A) Cones, (B) Corte longitudinal com presença de lupulina na base das brácteas, (C) Imagem microscópica das glândulas de lupulina- 500 µm e (D) escâner eletrônico de uma glândula de lupulina madura.	18
Figura 3 - Rizoma de uma planta de lúpulo. Início da brotação da planta de lúpulo, após dormência (A). Ramos de lúpulo conduzidos no sentido horário (B).....	20
Figura 4 - Mapa-Múndi com os principais países produtores de lúpulo em verde e as áreas compreendidas para produção.....	26
Figura 5 - Estados com produtores de lúpulo no Brasil.....	27
Figura 6 – Limites de latitude da área experimental I da Udesc, Lages-SC e área experimental II município de Palmeira-SC, 2022.	30
Figura 7 - Área experimental da Udesc, Lages, SC, 2022.	32
Figura 8 - Área experimental do município de Palmeira, SC, 2022.....	33
Figura 9 - Estádios fenológicos do lúpulo definida por Meier, (2001).....	34
Figura 10 - Perfil de cones da planta de lúpulo, terço superior, médio e inferior.....	36
Figura 11 - Extração dos óleos essenciais de lúpulo, em aparelho Clevenger.	37
Figura 12 - Variação estacional do fotoperíodo em diferentes latitudes do Hemisfério Sul.....	40
Figura 13 - Precipitação pluviométrica, temperaturas máxima, mínima e média do ar (A) e fotoperíodo (B), de 2019 a 2021 em Lages - SC.....	41
Figura 14 - Fenologia das cultivares de lúpulo, durante o ciclo produtivo de 2019/20 e 2020/21 no município de Lages, SC.	42
Figura 15 - Análise dos componentes principais (PCA) para as variáveis avaliadas no estudo com as cultivares de lúpulo Columbus, Mapuche, Cascade e Chinook, Lages-SC, safra 2020/21.	44
Figura 16 - Teor de alfa ácidos (esquerda), beta ácidos (direita) presentes nos cones de lúpulo e teores mínimos e máximos de referência da literatura. Lages, SC. ...	45
Figura 17 - Teor de óleos essenciais presentes nos cones de lúpulo e teores mínimos e máximos de referência da literatura. Lages, SC.....	46

Figura 18 - Análise dos componentes principais (PCA) para as variáveis avaliadas no estudo com as cultivares de lúpulo de terceiro ano: Columbus, Cascade e Chinook, Palmeira, SC, safra 2021.	48
Figura 19 - Cones de lúpulo com estruturas vegetativas em Palmeira, SC.	50
Figura 20 - Teor de alfa ácidos (esquerda), beta ácidos (direita) presentes nos cones de lúpulo e teores mínimos e máximos de referência da literatura. Palmeira, SC.	51
Figura 21 - Teor de óleos essenciais presentes nos cones de lúpulo e teores mínimos e máximos de referência da literatura. Palmeira, SC.....	52
Figura 22 - Análise dos componentes principais (PCA) para as variáveis avaliadas no estudo com as cultivares de lúpulo de segundo ano: Columbus, Cascade e Chinook, Palmeira, SC, safra 2021.	53
Figura 23 - Teor de óleos essenciais presentes nos cones de lúpulo e teores mínimos e máximos de referência da literatura. Palmeira, SC.....	54
Figura 24 - Teor de alfa ácidos (esquerda), beta ácidos (direita) presentes nos cones de lúpulo e teores mínimos e máximos de referência da literatura. Palmeira, SC.	55
Figura 25 - Análise dos componentes principais (PCA) para as variáveis avaliadas no estudo com perfil de cones, para as cultivares de lúpulo de terceiro ano: Columbus, Cascade e Chinook, Palmeira, SC, safra 2021.	56
Figura 26 - Desenvolvimento da inflorescência de lúpulo, 2 (a – ¼ da inflorescência, b – ½ da inflorescência, c – ¾ da inflorescência, d – inflorescência completa); Desenvolvimento do cone, 3 (a – ¼ do crescimento do cone, b – ½ do crescimento do cone, c – ¾ do crescimento do cone, d – crescimento do cone completo).	58
Figura 27 - Análise dos componentes principais (PCA) para as variáveis avaliadas no estudo com perfil de cones, para as cultivares de lúpulo de segundo ano: Columbus, Cascade e Chinook, Palmeira, SC, safra 2021.....	59
Figura 28 - Inflorescência de lúpulo (a esquerda), as flores protegidas pelas brácteas (no centro) e a raquis onde se fixam as flores e as brácteas (a direita).	61
Figura 29 - Corte longitudinal do cone de lúpulo, contendo glândulas de lupulina....	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Estimativa de custo de implantação de um hectare de lúpulo. Safra 2020/21.	62
Tabela 2. Estimativa do custo de produção de um hectare de lúpulo na safra 2020/21.	63
Tabela 3. Produtividade, preço médio, receita, despesas e lucratividade de um hectare de lúpulo em 10 anos.....	64

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
1.1 HIPÓTESES	15
1.2 OBJETIVOS	16
1.2.1 Objetivo geral:	16
1.2.2 Objetivos específicos:	16
2. REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1 CARACTERÍSTICAS BOTÂNICAS	17
2.2 ORIGEM E CULTIVARES	20
2.2.1 Descrição das cultivares	22
2.2.1.1 Cascade	22
2.2.1.2 Chinook	22
2.2.1.3 Columbus	23
2.2.1.4 Mapuche	23
2.3 EXIGÊNCIAS CLIMÁTICAS	24
2.5 PRODUÇÃO DE LÚPULO E IMPORTÂNCIA ECONÔMICA	25
2.6 LÚPULO NO BRASIL	27
3. MATERIAL E MÉTODOS	30
3.1 DESCRIÇÃO DO LOCAL	30
3.1.1 ÁREA EXPERIMENTAL I DA UDESC, LAGES, SC.	30
3.1.2 ÁREA EXPERIMENTAL II NO MUNICÍPIO DE PALMEIRA, SC.	32
3.3 CARACTERÍSTICAS AVALIADAS	33
3.3.1 Fenologia	33
3.3.2 Características vegetativas e produtivas	35
3.3.3 Avaliação quantitativa e qualitativa de cones no terço superior, médio e inferior da planta de lúpulo	36
3.3.4 Avaliações qualitativas dos cones	37
3.3.5 Análise econômica	38
3.3.6 Análise estatística	39
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
4.1 FENOLOGIA	40
4.2 ÁREA EXPERIMENTAL DA UDESC, LAGES, SC, SAFRA 2020/21	43
4.3 ÁREA EXPERIMENTAL NO MUNICÍPIO DE PALMEIRA, SC, SAFRA 2020/21	47

4.3.1 Cultivares de lúpulo de terceiro ano.....	47
4.3.2 Cultivares de lúpulo de segundo ano.....	52
4.4 PERFIL QUANTITATIVO E QUALITATIVO DE CONES NO TERÇO SUPERIOR, MÉDIO E INFERIOR DA PLANTA DE LÚPULO, NO MUNICÍPIO DE PALMEIRA, SC.....	55
4.4.1 Perfil quantitativo e qualitativo de cones de lúpulo para planta de terceiro ano.....	55
4.3.2 Perfil quantitativo e qualitativo de cones de lúpulo para planta de segundo ano.....	58
4.5 VIABILIDADE ECONÔMICA DE CULTIVARES DE LÚPULO.....	62
5. CONCLUSÃO	66
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	67
REFERÊNCIAS.....	69
APÊNDICE.....	74

1. INTRODUÇÃO

O lúpulo (*Humulus lupulus* Linnaeus.) é uma cultura perene, que pertence à família Cannabaceae (AQUINO et al., 2019). As flores femininas se desenvolvem em cones e são ingredientes essenciais na fabricação de cervejas, por acrescentar amargor, aroma e estabilidade microbiológica (RAMOS; PANDOLFI, 2019).

Atualmente, os Estados Unidos e a Alemanha representam 77 % da produção mundial de lúpulo. Em 2020, essa produção foi de 122 mil toneladas ocupando cerca de 62.366 mil ha (USAHOPS, 2021). Com destaque para os Estados Unidos (EUA) como maior produtor, com cerca de 47.540 toneladas de lúpulo produzido em 24.738 mil ha e um valor gerado de US \$ 637 milhões em 2020. Nos últimos dez anos, houve um aumento do volume de produção de lúpulo e área plantada a nível mundial, em torno de 45 % (IHGC, 2021).

Os maiores produtores mundiais de cerveja são, China, Estados Unidos e Brasil (BARTHHAAS, 2021). No Brasil, a produção nacional de cerveja é de aproximadamente 15,3 bilhões de L ano⁻¹ representando 1,7 % do PIB, com faturamento anual de R\$ 160 bilhões, sendo um dos setores mais importantes na economia brasileira (IBGE, 2020; MAPA, 2021).

O Brasil importa de modo integral, o lúpulo utilizado para a produção de cervejas, é o componente de custo mais elevado, devido ao alto valor agregado (REIS, 2019; FAGHERAZZI, 2020). Em 2020, o Brasil importou 3.243 toneladas de lúpulo, principalmente dos Estados Unidos e Alemanha, gerando um comércio equivalente a US \$ 57 milhões (COMEX, 2021).

De modo geral, o lúpulo é produzido em áreas temperadas, em faixas de latitude geralmente de 35° e 55° ao norte ou sul do Equador (SPÓSITO, 2019). Onde, os dois principais produtores mundiais de lúpulo, Hallertau na Alemanha e Yakima nos Estados Unidos, estão localizados a 48,6° N e 46,6° N, respectivamente (ACOSTA-RANGEL et al, 2021). Entretanto, o cultivo de lúpulo tem se expandido para outras regiões, como Austrália, África do Sul, Argentina e recentemente no Brasil (BEVERLEY, 2015; RUFATO; FAGHERAZZI, 2019).

No Brasil, o cultivo de lúpulo chegou com os imigrantes, por volta do século XIX, nos estados do Rio de Janeiro, em seguida Paraná e Rio Grande do Sul, porém, devido as dificuldades com o clima e mercado na época, não houve sucesso para produção em escala comercial. Sendo o cultivo, retomado em 2005 e apenas

em 2011 a cultura ganhou destaque e se desenvolveu (FAGHERAZZI, 2020; GONSAGA, 2021).

O cultivo de lúpulo é impulsionado principalmente pelo aumento das novas cervejarias. Em 2020, foram 1.383 cervejarias registradas no Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA), um crescimento de 14,4 % em relação a 2019, onde 80 % das cervejarias estão localizadas nos estados do Sul e do Sudeste (MAPA, 2021). Esse crescimento ocorreu em virtude da demanda por parte do consumidor, em busca de produtos com qualidade, diversidade de aromas, sabores e diferentes níveis de amargor (SAWAYA, 2017).

Com o crescente aumento das cervejarias, conseqüentemente aumentou a procura por insumos para fabricação das cervejas (GUIMARÃES et al., 2019). A partir da demanda, houve um interesse dos brasileiros pela produção de lúpulo nacional e de maior qualidade. Atualmente, essa produção encontra-se em diversos estados brasileiros, de Norte ao Sul do país (FAGHERAZZI, 2020). Em torno de 152 produtores, distribuídos em 50 ha, sendo Santa Catarina o estado com o maior número de produtores em 12 ha de área cultivada (APROLUPULO, 2021).

No entanto, não existe uma cadeia produtiva formada para produção de lúpulo em escala comercial. Por isso, é de extrema importância realizar estudos sobre o cultivo do lúpulo no Brasil, tendo em vista cultivares produtivas e de qualidade, para suprir a demanda interna da indústria cervejeira. Dessa forma, o desenvolvimento do lúpulo como cultura alternativa, pode fornecer novas oportunidades econômicas e de mercado, para produtores e cervejarias artesanais, na região Serrana e no Brasil.

Nesse contexto, esse estudo tem como objetivo, determinar a viabilidade técnica de cultivares de lúpulo adaptadas ao cultivo no Planalto Serrano, visando características produtivas e de qualidade. Contudo, realizar um levantamento econômico da viabilidade da cultura do lúpulo na diversificação da propriedade rural e contribuir para o fomento da produção de lúpulo na região Serrana.

1.1 HIPÓTESES

- As cultivares de lúpulo analisadas apresentam potencial produtivo nas condições climáticas da região Sul do Brasil;
- As cultivares de lúpulo de terceiro ano expressam o máximo potencial de rendimento e qualidade;
- A região de estudo influencia nas características químicas dos cones;
- As cultivares de lúpulo apresentam diferentes rendimentos e qualidade;
- As análises químicas dos cones apresentam composição de alfa e beta ácidos, e óleos essenciais dentro dos padrões da indústria cervejeira;
- As análises do terço superior e médio dos cones apresentam maior composição de alfa e beta ácidos, e de óleos essenciais quando comparadas ao terço inferior da planta;
- A produção de lúpulo na região Serrana, fortalecera o setor produtivo de lúpulo em Santa Catarina e em nível nacional. Com produção de lúpulo de qualidade para a indústria cervejeira;
- A cultura do lúpulo é uma alternativa de renda para a diversificação da propriedade rural;
- Dados econômicos, serviram de subsídio para novas áreas comerciais de lúpulo nas propriedades rurais da região Serrana.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral:

Determinar a viabilidade técnica e econômica de cultivares de lúpulo adaptadas ao cultivo no Planalto Serrano.

1.2.2 Objetivos específicos:

- Realizar a caracterização vegetativa e produtiva de quatro cultivares de lúpulo, Cascade, Chinook, Columbus e Mapuche para as condições climáticas de Lages, SC;
- Realizar a caracterização vegetativa e produtiva de três cultivares de lúpulo, Cascade, Chinook e Columbus para as condições climáticas de Palmeira, SC;
- Realizar a caracterização qualitativa, através da quantificação da composição química de alfa ácidos, beta-ácidos e óleos essenciais dos cones nas diferentes cultivares de lúpulo;
- Realizar a caracterização qualitativa, através da quantificação da composição química de alfa, beta-ácidos e óleos essenciais dos cones no perfil inferior, médio e superior da planta de lúpulo;
- Realizar um levantamento de dados econômicos para a viabilidade da cultura do lúpulo na região Serrana;
- Contribuir para o fomento da produção de lúpulo na região Serrana.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 CARACTERÍSTICAS BOTÂNICAS

O gênero *Humulus* consiste em três espécies, *H. lupulus*, *H. japonicus* e *H. yunnanensis*. Dessas, a *H. lupulus* é a principal espécie explorada comercialmente, utilizada pela indústria cervejeira, por apresentar elevados teores de lupulina presentes na inflorescência do lúpulo (ALMAGUER et al., 2014; RUFATO; FAGHERAZZI, 2019).

O lúpulo (*Humulus lupulus* Linnaeus.) pertencente à família Cannabaceae, é uma planta trepadeira, herbácea e perene. Por ser uma planta dióica, apresenta flores masculinas e femininas, em plantas separadas (RODRIGUES et al., 2015; AQUINO et al., 2019). No entanto, somente as plantas femininas são cultivadas em escala comercial, pois as flores femininas apresentam maior rendimento de resina (lupulina). As flores da planta masculina têm apenas 10 a 15 glândulas secretoras de lupulina, enquanto as flores femininas possuem 10 mil ou mais glândulas (RUFATO; FAGHERAZZI, 2019). Desse modo, as plantas masculinas apresentam importância para o melhoramento genético, utilizadas para desenvolver novas variedades. São facilmente distinguidas das fêmeas (Figura 1.) (DODDS, 2017).

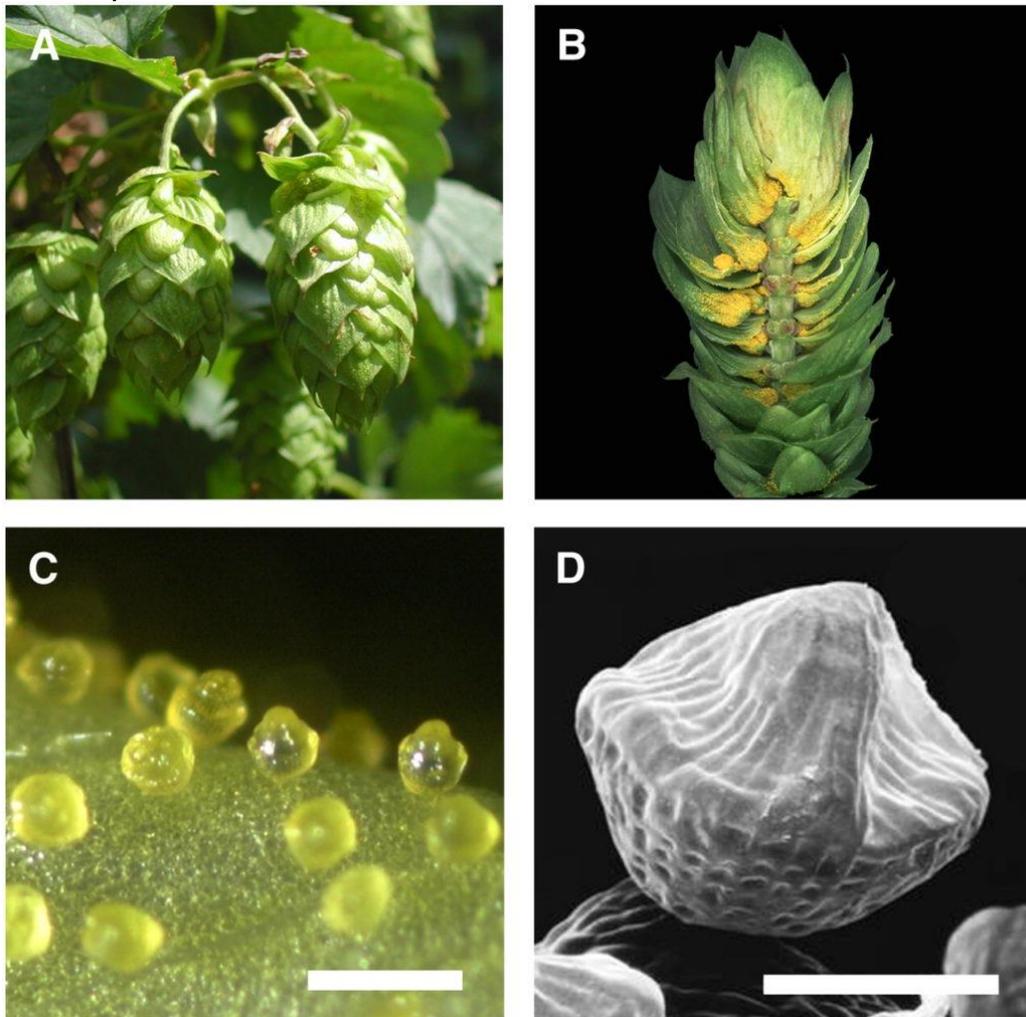
Figura 1 - Inflorescência feminina (A) e masculina (B) de planta de lúpulo.



Fonte: Dodds, (2017).

Nos cones são produzidas as resinas que são características do 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 (Figura 2.) (SPÓSITO et al., 2019).

Figura 2 - Morfologia dos cones de lúpulo e glândulas de lupulina: (A) Cones, (B) Corte longitudinal com presença de lupulina na base das brácteas, (C) Imagem microscópica das glândulas de lupulina- 500 μm e (D) escâner eletrônico de uma glândula de lupulina madura.



Fonte: Nagel, L. et al., (2008).

As glândulas secretoras de lupulina são capazes de sintetizar e armazenar resinas e óleos essenciais tem uma alta complexidade, devido a presença de mais de 300 componentes aromáticos. Os óleos essenciais são compostos formados em sua maioria por hidrocarbonetos (SPÓSITO et al., 2019; FAGHERAZZI, 2020), os terpenos fenólicos e polifenóis (FARAG et al., 2012). Compostos terpenóides,

incluindo alfa-ácidos, também conhecidos como humulonas, servem como fonte de sabores e aromas, enquanto os beta-ácidos, ou lupulonas, produzem a bioestasia do mosto cervejeiro (RAUT, 2021). Nas resinas, a quantidade de alfa-ácidos pode variar entre 3 e 17%, de beta-ácidos entre 3 e 7% e óleos essenciais de 0,5 a 2% (RUFATO; FAGHERAZZI, 2019).

Os alfa ácidos contribuem para o amargor da cerveja e atuam como agentes bacteriostáticos favorecendo a ação das leveduras e inibindo a ação de algumas bactérias. Os alfa e beta ácidos começam a acumular-se desde o início do estágio de floração (RODRIGUES et al., 2015).

Os óleos essenciais são compostos químicos responsáveis pelos componentes aromáticos das diversas cultivares e proporcionam aroma para a cerveja (RIBEIRO, 2016; REIS, 2019). Os grupos a que pertencem estes compostos são o grupo dos monoterpenos (mirceno, limoneno e o alfa-pineno), os sesquiterpenos (farneseno, humuleno e o beta-cariofileno) e os álcoois terpênicos (linalol) (DURELLO, 2019).

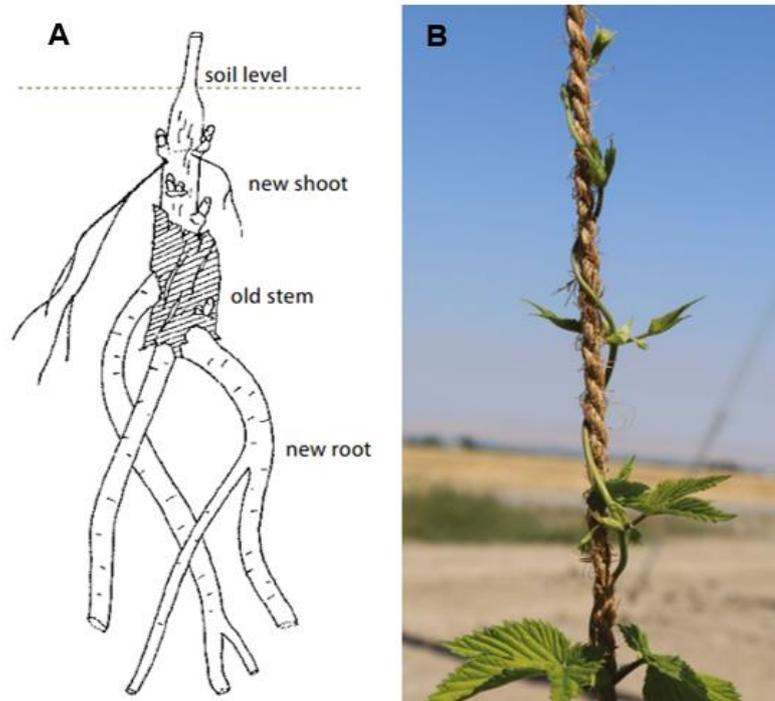
A composição química dos cones de lúpulo depende dos fatores genéticos das diferentes cultivares, ponto de colheita, condições climáticas e geográficas (RETTBERG; BIENDL; GARBE; 2018). As concentrações desses componentes são amplamente dependentes da idade da planta, da cultivar e das condições ambientais associadas ao local de produção (RIBEIRO, 2016). Os rendimentos aumentam até o terceiro ano, quando tendem a se estabilizar, nos dois primeiros anos a produtividade e a qualidade é considerada menor (DONNER et al., 2020).

O lúpulo tem uma forte dominância apical, um crescimento indefinido podendo atingir comprimentos de 6 a 8 metros. As folhas surgem de forma oposta aos nós, pecioladas, cordiformes, com três ou cinco lóbulos, com margens serradas e ásperas com ápice em ponta. Na face inferior das folhas são encontrados os tricomas secretores ou glândulas de resinas e óleos essenciais (SPÓSITO et al., 2019).

As raízes podem atingir 1,5 a 2,0 metros, são raízes especializadas na acumulação de reservas e raízes anuais emitidas a partir da estrutura perene ou da base dos sarmentos. Na primavera, a partir do rizoma, surgem brotos que se transformam em guias trepadoras (Figura 3A). Na fase inicial esses guias são de consistência herbácea, volúvel de forma tendencialmente hexagonal e se enrolam

nos tutores no sentido horário, devido a presença dos tricomas (Figura 3.B) (FAGHERAZZI, 2020).

Figura 3 - Rizoma de uma planta de lúpulo. Início da brotação da planta de lúpulo, após dormência (A). Ramos de lúpulo conduzidos no sentido horário (B).



Fonte: Dodds, (2017).

2.2 ORIGEM E CULTIVARES

O cultivo do lúpulo para uso na fabricação de cerveja, tem origem no hemisfério Norte, iniciou na Europa Oriental em torno da Boêmia, Eslovênia e Baviera antes do século VIII, onde se espalhou para os demais países da Europa (RUFATO; FAGHERAZZI, 2019).

Além do sabor amargo característico e aroma, o lúpulo apresentou propriedades de conservação na cerveja, em oposição a diversidade de ervas, flores, frutos, raízes, cascas e até mesmo hortaliças que eram adicionadas a bebida (REIS, 2019). Assim em 1516, na Baviera, Alemanha foi decretada a “Lei da Pureza” (Reinheitsgebot), em que apenas o lúpulo poderia ser adicionado para conferir amargor nas cervejas (SPÓSITO et al., 2019).

Em 1629, o lúpulo europeu começou a ser introduzido nos Estados Unidos, logo o cultivo do lúpulo se espalhou para o sul e oeste do país, porém, apenas em 1800, teve êxito na produção com maior escala (DODDS, 2017).

A partir do ano de 1800, os ingleses levaram a cultura ao hemisfério Sul, em suas colônias, como na África do Sul, Austrália e Nova Zelândia. Por volta de 1860, os alemães introduziram o lúpulo na China e Coreia. Em 1876, com a popularidade da cerveja com lúpulo, os japoneses começaram a cultivar variedades americanas e alemãs. E por fim, o lúpulo chegou a América do Sul, em 1851, no Chile, por um diplomata chileno, que iniciou o cultivo comercial em 1857. E na Argentina em 1865, imigrantes alemães vindos do sul do Chile trouxeram o lúpulo para região (SPÓSITO et al., 2019).

No Brasil em 1885 há relatos de que o Imperador Dom Pedro II, trouxe a cultura do lúpulo ao Jardim Botânico do Rio de Janeiro, com registros na “Revista Agrícola do Instituto Fluminense de Agricultura”. Em 1869 existem relatos do cultivo de lúpulo no Paraná, trazidos por imigrantes poloneses (GONSAGA, 2021). E em 1950 o austríaco Roland Hoblik, trouxe a cultura para o município de Nova Petrópolis-RS, na Serra Gaúcha, onde cultivava e vendia os cones de lúpulo para as cervejarias locais (SPÓSITO et al., 2019).

As cultivares de lúpulo diferem-se de acordo com seu país de origem, características morfológicas, períodos de maturação, e composição química (HEALEY, 2016). Divididas em três tipos de cultivares, as de aroma, de amargor e de dupla aptidão (aroma/amargor) (SPÓSITO et al., 2019). Diferindo entre si pela quantidade de alfa ácidos, beta ácidos e dos óleos essenciais (FAGHERAZZI, 2020). As cultivares de amargor, são caracterizadas por apresentarem os níveis mais altos de alfa ácidos na sua composição química (REIS, 2019).

Existem mais de 260 cultivares de lúpulo catalogadas, cada uma com diferentes características, com relação a amargor, aroma e sabor (RUFATO; FAGHERAZZI, 2019). No entanto as mais cultivadas mundialmente estão em torno de 30 variedades americanas, mais de 40 variedades europeias e em menor quantidade as variedades asiáticas (SPÓSITO et al., 2019).

As cultivares de lúpulo com maior área de produção nos EUA são, Citra®, Mosaic®, Simcoe®, ‘Cascade’, ‘Centennial’ e ‘Columbus’ (CTZ) (IHCG, 2021). Na Alemanha são as cultivares Perle, Hallertau Tradition, Hallertau Magnun e Herkules (BARTHHAAS, 2021). No Brasil são 48 cultivares registrados (MAPA, 2020). Destas

as mais cultivadas atualmente são, 'Cascade', 'Columbus', 'Chinook', 'Nugget', 'Saaz', 'Centennial', 'Comet', 'Hallertau', 'Hallertau Mittelfrueh', 'Magnum', 'Zeus', 'Fuggle' e 'Northern Brewer' (APROLUPULO, 2021).

2.2.1 Descrição das cultivares

2.2.1.1 Cascade

A cultivar Cascade tem origem nos Estados Unidos. Foi a primeira variedade de lúpulo comercial produzida pelo programa de melhoramento da Universidade Estadual de Oregon - EUA, iniciado em 1956 e lançada em 1972 com a finalidade de aroma. Obtida através do cruzamento da cultivar russa Serebrianka com um macho da cultivar Fuggle, com objetivo de desenvolver uma cultivar resistente as duas principais doenças fúngicas da cultura do lúpulo, oídio (*Podosphaera macularis*) e míldio (*Pseudoperonospora humuli*) (RUFATO; FAGUERAZZI, 2019).

A cultivar Cascade é a mais popular na fabricação de cervejas artesanais americanas. Classificada como lúpulo de aroma, possui um aroma de força média e perfil aromático com citros, floral e notas picantes, com amargor balanceado (HEALEY, 2016; HOPSTEINER, 2021).

Além de ser a mais cultivada nos Estados Unidos, por apresentar rusticidade é a cultivar com maior expansão no país e para outras regiões. Apresenta potencial produtivo de 2.000 a 2.500 kg ha⁻¹. Produz cones que possuem teor de 4,5 a 8,9% de alfa ácidos, 4,5 a 7,0% de beta ácidos e 0,7 a 1,4 mL 100g⁻¹ de óleos essenciais (WOODSKE, 2012; SPÓSITO et al., 2019).

2.2.1.2 Chinook

A cultivar Chinook tem origem Estados Unidos. Desenvolvida no Estado de Washington, no programa de melhoramento dos EUA, lançada em 1985, com alta quantidade de alfa ácidos. Obtida pelo cruzamento da cultivar Golding cruzado com a cultivar Brewer's Gold. É considerada tolerante a murcha do *Verticillium* e suscetível ao míldio (*Pseudoperonospora humuli*) (RUFATO; FAGUERAZZI, 2019).

Classificada como lúpulo de dupla aptidão, apesar da alta quantidade de alfa ácidos, apresenta um equilíbrio de aromas, com amargor suave (SPÓSITO et al.,

2019). Apresenta potencial produtivo de 2.000 a 2.400 kg ha⁻¹. Produz cones que possuem teor de 10 a 14% de alfa ácidos, 3,0 a 5,0% de beta ácidos e 1,5 a 2,5 mL 100g⁻¹ de óleos essenciais (WOODSKE, 2012; SPÓSITO et al., 2019).

2.2.1.3 Columbus

A cultivar Columbus tem origem nos Estados Unidos. Desenvolvida no programa de melhoramento do USDA na década de 1970, no entanto, 'Columbus' apresenta uma linhagem desconhecida. A 'Columbus' também é chamada de CTZ ('Columbus', 'Tomahawk' e 'Zeus') (RUFATO; FAGUERAZZI, 2019). 'Tomahawk' é geneticamente idêntico ao 'Columbus', mas ambas foram registradas por empresas diferentes. 'Zeus', que pertence a uma terceira empresa e apresenta um genótipo idêntico as outras duas cultivares. Depois de um acordo, os nomes foram registrados, porém elas são tecnicamente a mesma variedade (SPÓSITO et al., 2019; GONSAGA, 2021).

Apresenta suscetibilidade oídio (*Podosphaera macularis*) e míldio (*Pseudoperonospora humuli*) e resistência à *Verticillium* (SPÓSITO et al., 2019).

Classificada como lúpulo de dupla aptidão, seu aroma e sabor remetem ao cítrico, pimenta-preta e cebola (HEALEY, 2016; HOPSTEINER, 2021). Apresenta potencial produtivo de 2.000 a 2.500 kg ha⁻¹. Produz cones que possuem teor de 11 a 18% de alfa ácidos, 4,5 a 6,0% de beta ácidos e 1,5 a 2,0 mL 100g⁻¹ de óleos essenciais (WOODSKE, 2012; SPÓSITO et al., 2019).

2.2.1.4 Mapuche

A cultivar Mapuche tem origem na Argentina. Desenvolvida no programa de melhoramento da Quilmes, iniciado em 1984. 'Mapuche' tem como parental feminino 'Cascade', sendo lançada em 1992 (GONSAGA, 2021).

Classificada como lúpulo de aroma, seu aroma é suave e refinado, levemente cítrico. Apresenta potencial produtivo de 1.600 a 2.100 kg ha⁻¹. Produz cones que possuem teor de 5,8 a 6,4% de alfa ácidos, 4,6 a 5,5% de beta ácidos e 1,0 a 1,2 mL 100g⁻¹ de óleos essenciais (WOODSKE, 2012; GONSAGA, 2021).

2.3 EXIGÊNCIAS CLIMÁTICAS

O lúpulo é uma planta cultivada em clima temperado, as principais regiões produtoras de lúpulo mundialmente, estão dentro das latitudes 35° e 55° Norte e Sul. Os dois principais produtores mundiais de lúpulo, Hallertau na Alemanha e Yakima nos Estados Unidos, estão localizados a 48,6° N e 46,6° N, respectivamente (ACOSTA-RANGEL et al., 2021). Em relação ao Hemisfério Sul, as regiões produtoras estão na Austrália de 37° a 43° S, Nova Zelândia de 41° e 42° S, Argentina de 35° a 40° S e África do Sul a 34° S (Figura 4.) (BIZOTTO, 2019).

Entretanto, o cultivo de lúpulo tem se expandido por mais regiões da Austrália, África do Sul e Argentina e recentemente em novas regiões produtoras como o Brasil (BEVERLEY, 2015; FAGHERAZZI; RUFATO, 2018).

Entre os principais fatores climáticos que influenciam no desempenho produtivo da cultura, estão o fotoperíodo, a temperatura e a disponibilidade hídrica (SANTOS, 2020). O fotoperíodo é a duração efetiva do dia em horas, definido como o intervalo de tempo transcorrido entre o nascimento e o pôr do sol, é de grande importância para a determinação do crescimento e indução floral, o que deve ser de no mínimo 13 horas (DODDS, 2017). O lúpulo é considerado de dias curtos, com maior produção quando a planta recebe alta incidência de luz no período vegetativo, a maior parte das variedades apresentam maior viabilidade em fotoperíodo de 14 a 16 horas (KREBS 2019), completando seu ciclo com 1800 a 2000 horas de insolação (ALBA et al., 2021). No entanto, com a expansão da cultura do lúpulo para o hemisfério sul, algumas variedades se adaptam em determinadas regiões, com latitudes diferentes das recomendadas (DODDS, 2017; ALBA et al., 2021).

Quando a duração do dia começa a aumentar, a planta permanece em crescimento vertical para obter os ramos principais. No início do verão, o dia começa a ficar mais curto, as plantas fazem a transição para a fase de crescimento reprodutivo (GONZAGA, 2021). Sendo o período de floração, um fator determinante para grandes produtividades (CARVALHO, 2018).

A quebra da dormência é uma etapa na qual a temperatura tem influência (BEVERLEY, 2015). A temperatura média deve aumentar gradualmente, se aproximando de 10° C quando o lúpulo inicia a sua atividade vegetativa. A planta de lúpulo depende de uma faixa ideal de temperaturas, para o seu desenvolvimento, de 13,2°C a 20,5°C durante a primavera e o verão (BIZOTTO, 2019). Em temperaturas

abaixo de 5°C e acima de 35°C a planta tem seu crescimento paralisado (RODRIGUES et al., 2015).

O lúpulo responde a soma das temperaturas efetivas do ar, desde a brotação até maturidade dos cones. A soma das temperaturas efetivas varia entre 1751 a 2900 °C dependendo da cultivar (FAGHERAZZI, 2020).

A necessidade hídrica deve variar conforme a região de cultivo, pois a demanda por evapotranspiração da planta de lúpulo depende da temperatura, vento, umidade do ar e solo (BIZOTTO, 2019) Nas estações mais quentes, a necessidade de água é maior, o que pode ser insuficiente em regiões de baixa ou média pluviosidade, sendo necessário a irrigação, principalmente nos períodos de maior demanda de água para a cultura como o florescimento (DODDS, 2017). Nesse momento, a planta deve absorver grandes quantidades de nutrientes e água. A precipitação média necessária, é de 500 a 600 mm durante seu período vegetativo, devendo ainda se distribuir de maneira equilibrada ao longo do período. Sendo importante para atingir maior rendimento de cones (RODRIGUES et al., 2015; SOUSA, 2021; ALBA et al., 2021).

2.5 PRODUÇÃO DE LÚPULO E IMPORTÂNCIA ECONÔMICA

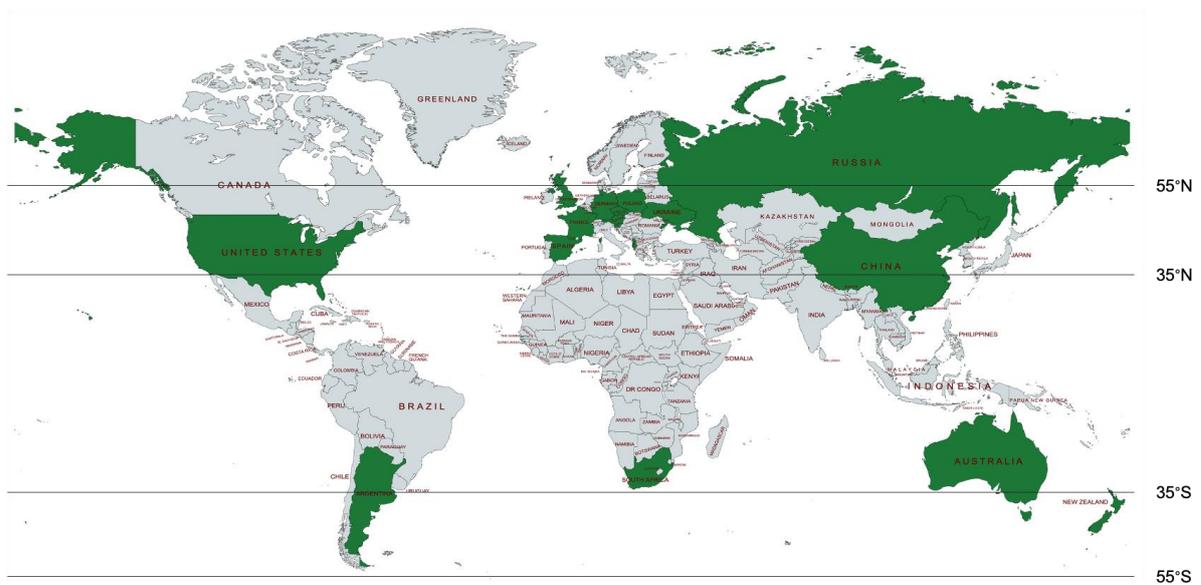
O lúpulo é utilizado principalmente pela indústria cervejeira, cerca de 97 % da produção é destinada para fabricação de cervejas (VASCONCELOS, 2017). É o componente utilizado em menor quantidade e de custo mais elevado, fornece aroma, amargor e estabilidade microbiológica a cerveja, atuando como antioxidante e antimicrobiano (KRAMER et al., 2015; REIS, 2019). De acordo com o tipo e quantidade de lúpulo em uma mesma receita, é possível fabricar diferentes cervejas em aroma e amargor (DURELLO, 2019).

No entanto, o lúpulo também é utilizado como planta medicinal, na fabricação de remédios e cosméticos (PERAGINE, 2011; SOUSA, 2021).

A cultura do lúpulo é produzida comercialmente em mais de 20 países, dentre os quais os Estados Unidos e a Alemanha são os maiores produtores, representado 77 % da produção mundial (Figura 4.). Em 2020, essa produção foi de 122.003 mil t ocupando cerca de 62.366 mil ha (USAHOPS, 2021). Com destaque para os Estados Unidos (EUA) como maior produtor mundial, com cerca de 47.540 mil t de lúpulo produzido em 24.738 mil ha e um valor gerado de US \$ 637 milhões em 2020.

Seguido pela Alemanha com produção de 46.878 t em uma área de 20.706 ha. Nos últimos dez anos, houve um aumento do volume de produção de lúpulo e área plantada em torno de 45% (IHGC, 2021).

Figura 4 - Mapa-Múndi com os principais países produtores de lúpulo em verde e as áreas compreendidas para produção.



Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

A cerveja é considerada a bebida alcoólica mais consumida mundialmente, o consumo mundial de cerveja em 2020 foi de cerca de 200 bilhões de litros. Sendo os maiores produtores mundiais, China, Estados Unidos e Brasil (BARTH-HAAS, 2021).

No Brasil, a produção nacional de cerveja é de aproximadamente 15,3 bilhões de litros ano⁻¹ e representa 1,7 % do PIB nacional, com faturamento anual de R\$ 160 bilhões, sendo um dos setores, mais importantes na economia brasileira (IBGE, 2020; MAPA, 2021).

O Brasil importa de modo integral, o lúpulo utilizado para a produção de cervejas. Em 2020, o Brasil importou 3.243 mil t de lúpulo, principalmente dos Estados Unidos e Alemanha, gerando um comércio equivalente a US \$ 57 milhões (COMEX, 2021).

Na América do Sul, a Argentina produz em torno de 266 t de lúpulo, cultivados em 181 ha, nas regiões do Alto Vale do Rio Negro e El Bolson, sendo grande parte desta produção destinada as cervejarias locais (FAGHERAZZI; RUFATO, 2018; BARTH-HAAS, 2021).

Os produtos do lúpulo podem ser comercializados nas formas de cones frescos, cones desidratados, pó, extratos, no entanto, os mais utilizados são na forma de pellets (ALVES, 2014; SPÓSITO et al., 2019). Cada variedade disponibiliza de diferentes teores de aromas e essência na sua composição, as substâncias de interesse para indústria cervejeira são os teores de alfa e beta ácidos e dos óleos essenciais presentes nos cones (DURELLO et al., 2019).

2.6 LÚPULO NO BRASIL

Atualmente, a produção de lúpulo encontra-se em diversos estados brasileiros, de Norte ao Sul do país (RUFATO; FAGHERAZZI, 2019). Em torno de 152 produtores, distribuídos em 50 hectares, nos estados de Santa Catarina, Rio Grande do Sul, Paraná, Rio de Janeiro, São Paulo, Espírito Santo, Minas Gerais, Goiás, Tocantins, Bahia, Pernambuco, Rio Grande do Norte, e no Distrito Federal (Figura 5.).

A Região Sul do País apresenta maior concentração de produtores de lúpulo e de cervejarias. Sendo Santa Catarina o estado com o maior número de produtores em 12 hectares de área cultivada (APROLUPULO, 2021).

Figura 5 - Estados com produtores de lúpulo no Brasil.



O cultivo de lúpulo no Brasil, iniciou devido ao crescimento do mercado cervejeiro, através das microcervejarias. Com isso, houve um crescente aumento no consumo dos insumos, para fabricação de cervejas, sendo o lúpulo, uma importante matéria-prima, essencial na fabricação da bebida (GUIMARÃES et al., 2021; FAGHERAZZI, 2020).

Em busca de um diferencial, influenciado diretamente pela qualidade do lúpulo fresco, ou desidratado com menor tempo de armazenamento, pois o lúpulo perde a qualidade devido a oxidação e degradação dos componentes químicos ao longo do tempo (CARVALHO, 2018).

Embora o cultivo do lúpulo no Brasil, tenha iniciado em 2005, apenas em 2011 a cultura ganhou destaque e se desenvolveu. Nos últimos anos o cultivo de lúpulo no país foi intensificado, apresentando-se viável em várias regiões. Devido ao grande interesse dos brasileiros, pelo desenvolvimento da cultura e pelo avanço significativo realizado por pesquisas e tecnologias empregadas na produção da cultura (GUIMARÃES et al., 2021).

Em Santa Catarina, pesquisas pioneiras sobre o cultivo de lúpulo foram desenvolvidas pela Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), sobre adaptabilidade de cultivares de lúpulo na região do Planalto Sul Catarinense, visando contribuir com a inserção do cultivo de lúpulo na região, com resultados viáveis sobre a introdução da cultura (RUFATO; FAGHERAZZI, 2019).

Em 2018, a UDESC de Lages, SC juntamente com produtores de lúpulo fundaram a Associação Brasileira de Produtores de Lúpulo (APROLÚPULO), com o objetivo de gerar informações e fortalecer a cadeia produtiva de lúpulo no Brasil (BRASIL, 2018). Nesse sentido, a cadeia produtiva de lúpulo apresenta uma integração nos diferentes setores. As pesquisas com lúpulo no Brasil vêm aumentando, já se difunde em diversas áreas de estudo, buscando promover a inovação aliada ao mercado produtivo, com o objetivo de reduzir custos, aumentar a produtividade e a qualidade do lúpulo nacional (FAGHERAZZI, 2020; GONSAGA, 2021).

Além disso, com os estudos já realizados a campo, no Brasil observa-se a possibilidade de mais de uma floração por ano, ou seja, uma produção bianual e na região Centro-Oeste já foram observadas até três florações, ou seja, triannual. Em relação a produção na Alemanha e nos Estados Unidos, observa-se a ocorrência de floração apenas uma vez ao ano (GUIMARÃES et al., 2021).

Desta forma, o Brasil possui um potencial para o desenvolvimento da cultura do lúpulo e o interesse pela expansão da cadeia produtiva tem proporcionado a união entre instituições públicas e empresas privadas com o intuito de ampliar a produção de lúpulo no Brasil (MORAIS, 2020; BRIGHENTI, 2020; FAGHERAZZI, 2020).

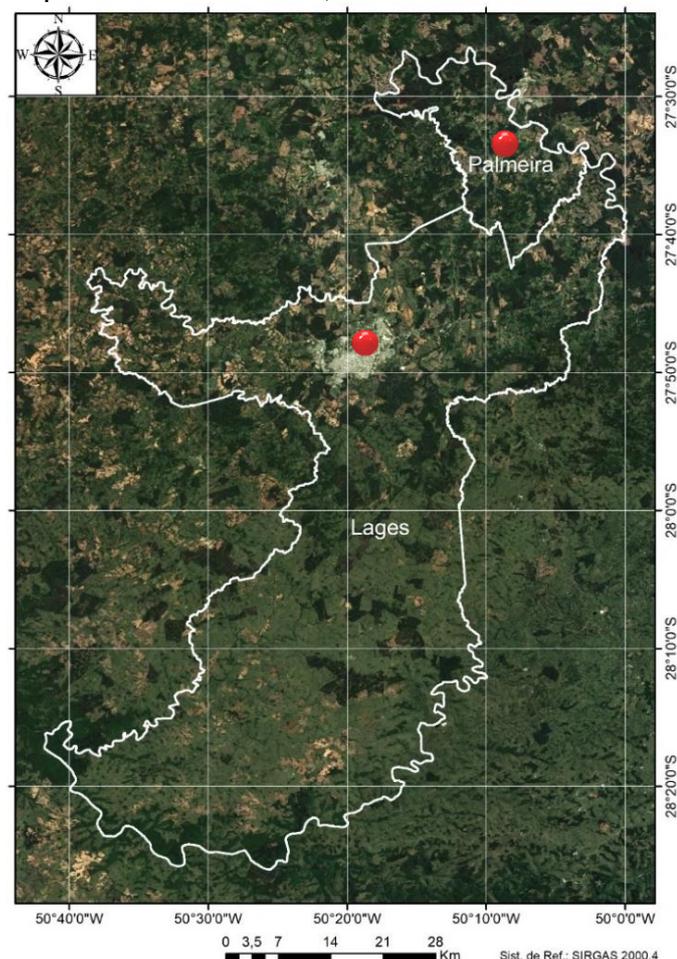
3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 DESCRIÇÃO DO LOCAL

3.1.1 Área experimental I da Udesc, Lages, SC.

O experimento foi desenvolvido em duas safras agrícolas, 2019/20 e 2020/21, no município de Lages-SC na área experimental do Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina, Udesc, sob as coordenadas a 27°48' S e 50°19' W (Figura 6), e a 922 metros de altitude, com classificação de Koeppen, com clima do tipo Cfb (Clima temperado com verão fresco) e temperatura média anual de 14,3°C, com precipitação pluvial média de 1479,4 mm ao ano (CARDOSO et al., 2003). O solo da área experimental é classificado como Cambissolo húmico alumínico.

Figura 6 – Limites de latitude da área experimental I da Udesc, Lages-SC e área experimental II município de Palmeira-SC, 2022.



Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

O experimento foi desenvolvido com quatro cultivares de lúpulo, com plantas em maturidade fisiológica de três anos, sendo o plantio realizado em outubro de 2017.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com quatro tratamentos, constituído pelas cultivares: 'Cascade', 'Chinook', 'Columbus' e 'Mapuche'. Cada unidade experimental foi constituída por 10 plantas e quatro repetições. O arranjo de plantas de 1,00 m entre plantas e 3,5 m entre linhas, totalizando 160 plantas avaliadas. E uma densidade de 2.400 plantas ha⁻¹. O sistema de condução é tipo vertical, com sustentação em linha, haste única e altura de 4,3 m de tutoramento (Figura 7).

Todo o manejo da cultura foi realizado na mesma data, para as quatro cultivares, de acordo com as fases de desenvolvimento da cultura. Durante o período de dormência das plantas, foram realizadas a adubação de manutenção, sendo a adubação orgânica com esterco solido de suínos (proveniente da composteira da suinocultura na Udesc) e adubação química, com 180 kg ha⁻¹ de N (ureia), 50 kg ha⁻¹ P (P₂O₅) e 100 kg ha⁻¹ K (K₂O) (RUFATO, FAGHERAZZI, 2019). de acordo com o recomendado por Rufato e Fagherazzi (2019). Durante todo o ciclo da cultura foram realizadas roçadas nas entrelinhas e limpeza nas linhas (entre plantas). Após a brotação, quando as plantas atingiram o fio de condução, foram realizadas a condução/orientação de crescimento de quatro hastes principais. Após esse período foram realizadas podas de ramos ladrões e excedentes. Para o controle de doenças foram realizadas aplicações preventivas. A colheita ocorreu na maturação dos cones para cada cultivar. A área experimental possui sistema de irrigação por gotejamento.

Figura 7 - Área experimental da Udesc, Lages, SC, 2022.



Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

3.1.2 Área experimental II no município de Palmeira, SC.

O experimento foi desenvolvido na safra 2020/21, na VG Hoppery propriedade rural pertencente à família Vargas no município de Palmeira, SC. A propriedade encontra-se a uma altitude média de 886 m em relação ao nível do mar, sob as coordenadas 27° 34' S, 50° 09' W (Figura 6), em um Cambissolo húmico. O clima na região é caracterizado como subtropical úmido, Cfb segundo a classificação de Köppen. A temperatura média anual é de 13,5°C, e a precipitação média anual de 1.561 mm (EMBRAPA, 2004).

O experimento foi desenvolvido com três cultivares de lúpulo, com plantas em maturidade fisiológica de três anos, sendo o plantio realizado em setembro de 2018; e plantas de dois anos, sendo o plantio realizado em 2019.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com três tratamentos, constituído pelas cultivares: 'Cascade', 'Chinook' e 'Columbus'. Cada unidade experimental foi constituída por 10 plantas e quatro repetições. O arranjo de plantas foi de 1,00 m entre plantas e 3,0 m entre linhas, totalizando 120 plantas avaliadas. E uma densidade de 3.000 plantas ha⁻¹. O sistema de condução utilizado é o tipo vertical, com sistema de tutoramento em "V" aberto e altura de postes de 5,0 m (Figura 8).

Todo o manejo da cultura foi realizado na mesma data, para as três cultivares, de acordo com as fases de desenvolvimento da cultura. Durante o período de dormência das plantas, foram realizadas a manutenção da adubação, com esterco solido e adubação química, com 300 kg ha⁻¹ de N (uréia), 50 kg ha⁻¹ P (P₂O₅) e 80 kg ha⁻¹ K (K₂O) (RUFATO; FAGHERAZZI, 2019). Durante todo o ciclo da cultura foram realizadas roçadas nas entrelinhas e limpeza nas linhas (entre plantas). Após a brotação, quando as plantas atingiram o fio de condução, foram realizadas a condução/orientação de crescimento de três hastes principais para cada fio (Sistema em V). Após esse período foram realizadas podas de ramos ladrões e excedentes. Para o controle de doenças foram realizadas aplicações preventivas, como calda bordalesa. A colheita ocorreu na maturação dos cones para cada cultivar. A área experimental possui sistema de irrigação por gotejamento.

Figura 8 - Área experimental do município de Palmeira, SC, 2022.



Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

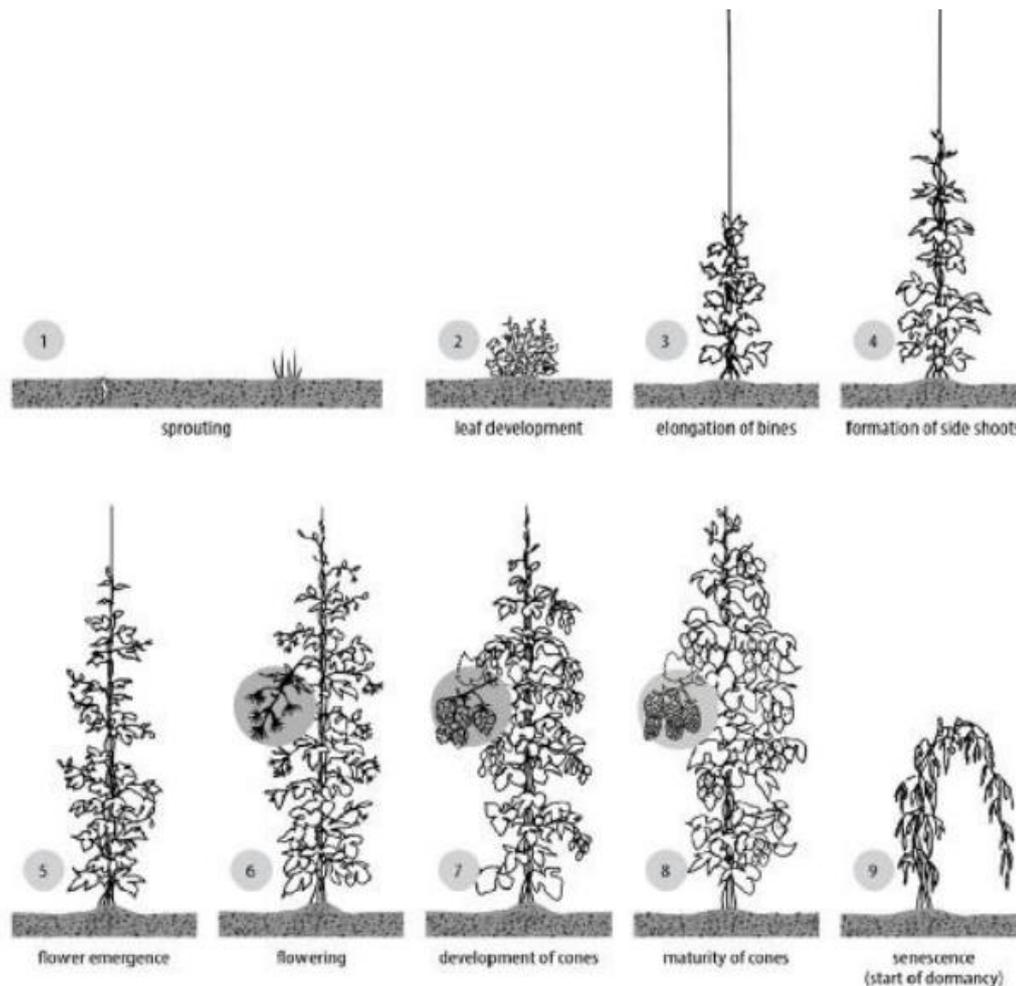
3.3 CARACTERÍSTICAS AVALIADAS

3.3.1 Fenologia

Para avaliação fenológica, foram coletados os dados fenológicos desde a brotação até a colheita dos cones, semanalmente foram avaliados para todas as cultivares o início da brotação (1), o desenvolvimento foliar (2), a formação de ramos

laterais (3), alongamento do ramo principal (4), início da floração (5), floração (6), desenvolvimento dos cones (7), maturidade dos cones (8) e senescência (9). Utilizando a escala proposta por Meier (2001) (Figura 9). Foram marcadas dez plantas por unidade experimental.

Figura 9 - Estádios fenológicos do lúpulo definida por Meier, (2001).



Fonte: Meier (2001).

Para a avaliação de fotoperíodo, foram calculadas as horas de luz. Por meio do ângulo horário local, através da relação matemática do ângulo horário, que considera o ângulo zenital (Z), a latitude do local e a declinação solar (graus e décimos). A fórmula utilizada para o cálculo do fotoperíodo é dada por: $N: (2 \text{ hn} / 15^\circ)$. Em que N é o fotoperíodo dado em horas e hn o ângulo horário para o nascer do Sol (em horas; 1 hora = 15° , referente aos 360° do globo terrestre dividido pelas 24 horas diárias).

No nascer do Sol, o ângulo zenital é de 90° , 54 cosseno 90° : 0. Utilizando a relação trigonométrica entre ângulo zenital (Z), latitude, declinação solar e ângulo horário (h). E substituindo o valor do cosseno do ângulo no nascer do Sol, tem-se que o ângulo horário para o nascer do Sol é: $hn: \arccos [-\text{tg}(\text{latitude}) \cdot \text{tg}(\delta)]$.

Utilizando, portanto, a relação $N: (2 \text{ hn} / 15^\circ)$, tem-se o valor do fotoperíodo local. Como a declividade solar varia ao longo do ano, o ângulo horário também varia, o que causa também a variação do fotoperíodo (VAREJÃO, 2007).

3.3.2 Características vegetativas e produtivas

a) Altura de plantas (m): mensurado com o auxílio de uma trena métrica, abrangendo a extensão da base da planta até a inserção da última folha produzida;

b) Índice de cone (cone cm^{-1}): contando o número de cones de um ramo lateral, dividido pelo comprimento do ramo lateral, com auxílio de trena métrica;

c) Massa fresca da planta (g): utilizando uma balança eletrônica de alta precisão, pesando-se a planta toda sem os cones;

d) Massa fresca de cone planta⁻¹ (g): utilizando uma balança eletrônica de alta precisão, pesando-se todos os cones colhidos por planta;

d) Massa seca de cone planta⁻¹ (g): utilizando uma balança digital de precisão, pesando-se todos os cones colhidos por planta, após secagem (11% umidade);

e) Rendimento de cones secos planta⁻¹ (kg ha^{-1}): estimativa pela massa dos cones secos ha^{-1} ;

f) Número de cones por planta: expresso em unidades de cones colhidos por planta (cone planta⁻¹), contabilizado a partir da contagem e pesagem de 100 cones;

g) Massa fresca de dez cones (g): utilizando uma balança digital de precisão;

h) Comprimento de dez cones (cm): medição utilizando paquímetro digital. Essa variável foi comparada com a metodologia de classificação de tamanho de cones proposta pela American Society of Brewing Chemists (ASBC Hops - 2 adaptada), onde: Grande ($> 5,1 \text{ cm}$), médio ($3,2-5,1 \text{ cm}$) e pequeno ($< 3,2 \text{ cm}$).

3.3.3 Avaliação quantitativa e qualitativa de cones no terço superior, médio e inferior da planta de lúpulo

Para a avaliação do perfil de cones de lúpulo na planta, a partir da altura de inserção do primeiro ramo com produção de cones, a planta foi dividida em três partes, da inserção até o ápice. Conferindo o terço produtivo superior, médio e inferior da planta. Dentro de cada perfil foram coletados dez cones no centro, na lateral direita e esquerda (Figura 10.). Foram realizadas as seguintes avaliações:

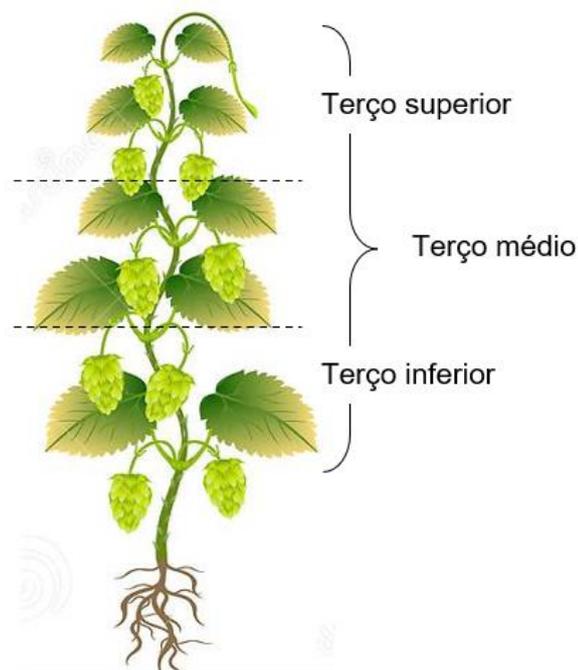
a) Altura de inserção do primeiro ramo lateral contendo produção de cones (m): mensurado com auxílio de uma trena métrica, abrangendo da base da planta até a primeira inserção de ramo lateral contendo produção de cones;

b) Índice de cone (cone cm^{-1}): contando o número de cones de um ramo lateral, dividido pelo comprimento do ramo lateral, com auxílio de trena métrica;

c) Massa fresca de dez cones (g): utilizando uma balança digital de precisão;

d) Comprimento de dez cones (cm): medição utilizando paquímetro digital. Essa variável foi comparada com a metodologia de classificação de tamanho de cones proposta pela American Society of Brewing Chemists (ASBC Hops - 2 adaptada), onde: Grande ($> 5,1$ cm), médio (3,2-5,1 cm) e pequeno ($< 3,2$ cm).

Figura 10 - Perfil de cones da planta de lúpulo, terço superior, médio e inferior.



3.3.4 Avaliações qualitativas dos cones

Após colhidos os cones foram secos em estufa com circulação de ar, a 35 C° por um período de 24 horas ou até atingir umidade de 8 a 13%. Os cones secos de lúpulo, acima de 13 % de umidade perdem rapidamente a qualidade química devido à degradação microbiana, e os cones abaixo desta umidade perdem a qualidade pela oxidação e volatilização dos óleos essenciais (NEVE, 1991; DURELLO, 2019).

As amostras obtidas no estudo foram secas até umidade de 10-11%, posteriormente foram armazenadas a vácuo e congeladas, mantidas no escuro a -6C°, para então iniciar as avaliações químicas, garantindo assim as mesmas condições de análises para todas as amostras avaliadas.

a) Óleos essenciais totais:

A obtenção dos óleos essenciais foi realizada através da técnica de hidrodestilação utilizando o aparelho clevenger (Figura 11). Foram pesadas, aproximadamente 15 gramas de amostra seca, trituradas em cadinho (Almofariz e pistilo) e colocadas em um balão de fundo redondo de 500 mL, com 350 mL de água destilada. O tempo de extração após a fervura foi de 4 horas, após a extração foi realizada a leitura na coluna de retenção e realizado o cálculo para a concentração de mL 100g⁻¹, conforme metodologia proposta por ASBC Hops-13.

Figura 11 - Extração dos óleos essenciais de lúpulo, em aparelho Clevenger.



Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

b) Alfa e Beta ácidos

Para a determinação das amostras de alfa e beta ácidos de lúpulos foi utilizada a metodologia desenvolvida por Haley et al., (2012).

A extração dos alfa e beta ácidos, foram realizadas utilizando 3 g de lúpulo seco, moído em pó fino usando um cadinho (Almofariz e pistilo). Cerca de 2,5 g deste material foram colocados em um béquer de 100 mL e pesado com balança de precisão, adicionados 50,0 mL de metanol, após foram agitados por 30 min à temperatura ambiente. A mistura foi então deixada em repouso por 10 min, para o material particulado assentar, em seguida foi filtrado esse extrato em membrana millipore (0,45 µm) para remover o material particulado. Uma alíquota de 50 µL do filtrado foi colocada em um balão volumétrico de 25 mL, e o frasco foi preenchido com NaOH metanólico (0,5 mL de 6M NaOH em 250 mL de metanol). Uma alíquota desta solução foi então colocada em uma célula de quartzo de 1 cm, e avaliada no espectro UV visível, usando de branco de 50 µL de metanol em 25 mL de NaOH metanólico. Foram obtidos os valores de absorvância para os três comprimentos de onda principais de 275, 325 e 355 nm.

3.3.5 Análise econômica

Para avaliação da viabilidade econômica foram realizados levantamentos de dados para implantação e da produção da cultura do lúpulo na região. Os dados foram organizados utilizando o programa Excel.

Foram utilizados indicadores de viabilidade econômica como: valor presente líquido (VPL), taxa interna de retorno (TIR) e *payback* (PB). Conforme metodologia proposta por Casarotto, (2010).

a) Valor presente líquido (VPL):

O VPL é obtido pela seguinte fórmula:

$$VPL = \sum_{j=0}^n \frac{X_j}{(1+i)^j}$$

Onde:

VPL = Valor Presente Líquido de uma alternativa de investimento;

j = número de períodos envolvidos em cada elemento da série de receitas e despesas do fluxo de caixa (j = 0, 1, 2, 3,...n);

X_j = cada um dos diversos valores envolvidos no fluxo de caixa e que ocorrem em j ;

i = taxa de juros comparativa ou taxa de desconto.

O VPL de um investimento pode ser avaliado pelas seguintes regras:

- $VPL > 0$ – o projeto deve ser aceito
- $VPL = 0$ – o projeto é indiferente
- $VPL < 0$ – o projeto não deve ser aceito

b) Taxa interna de retorno (TIR): a TIR é calculada seguindo a fórmula abaixo.

$$VPL = \sum_{j=0}^n \frac{X_j}{(1 + i^*)^j} = 0$$

Então i^* é a TIR

Para a análise de decisão por meio do TIR tem as seguintes regras:

- $TIR > TMA$ – o projeto deve ser aceito
- $TIR = TMA$ – o projeto é indiferente
- $TIR < TMA$ – o projeto não deve ser aceito

A taxa mínima de atratividade (TMA) utilizada foi de 4,5 % ao ano.

c) Período de recuperação do capital (PRC) ou *payback*: para calcular o *payback* foi utilizado a seguinte fórmula:

$$Payback = \frac{\text{Investimento inicial}}{\text{Fluxo de caixa descontado}}$$

3.3.6 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise multivariada pelo teste dos componentes principais (PCA) objetivando verificar a maior afinidade entre as variáveis e os tratamentos. Para as análises, fez-se uso, do programa estatístico R versão 3.2.5 (R code team, 2017).

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e comparados pelo teste de F, e quando significativo, as médias foram comparadas entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade de erro com auxílio do programa estatístico SISVAR 5.8 (FERREIRA, 2018).

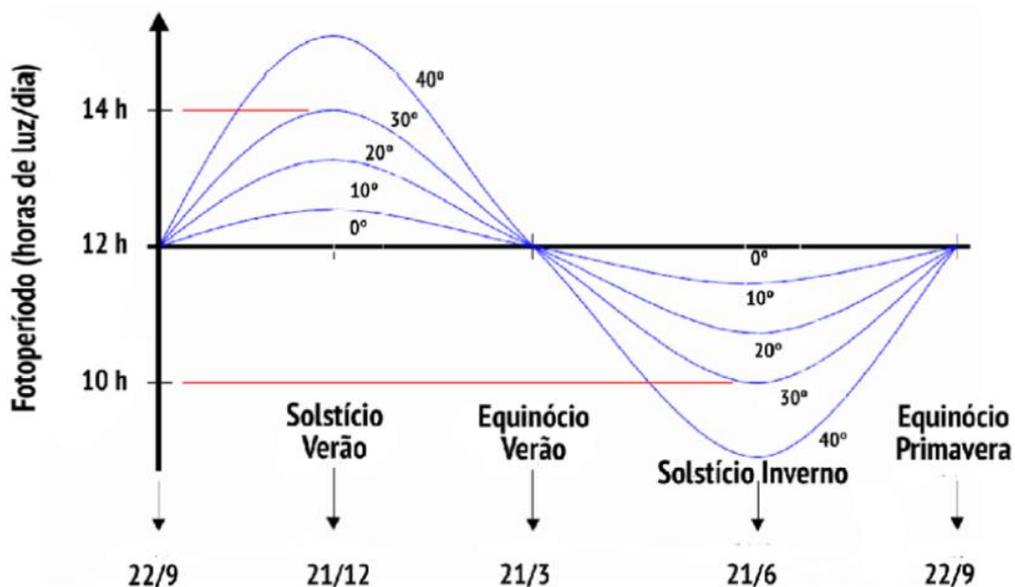
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 FENOLOGIA

As cultivares de lúpulo apresentam um ciclo produtivo, sendo precoce, médio ou tardio. As cultivares podem diferenciar seu ciclo, de acordo com o clima e para diferentes locais de cultivo (GONSAGA, 2021).

A área experimental da Udesc de Lages está localizada a uma latitude $27^{\circ}48'$ Sul. De acordo com Bergamaschi, (2009) na Figura 12, pode-se observar a duração de horas de luz, durante as estações do ano, para a latitude onde se encontra a área de estudo, a duração de luz para o solstício de verão está próxima de 14 horas, enquanto para o solstício de inverno está próximo de 10 horas.

Figura 12 - Variação estacional do fotoperíodo em diferentes latitudes do Hemisfério Sul.



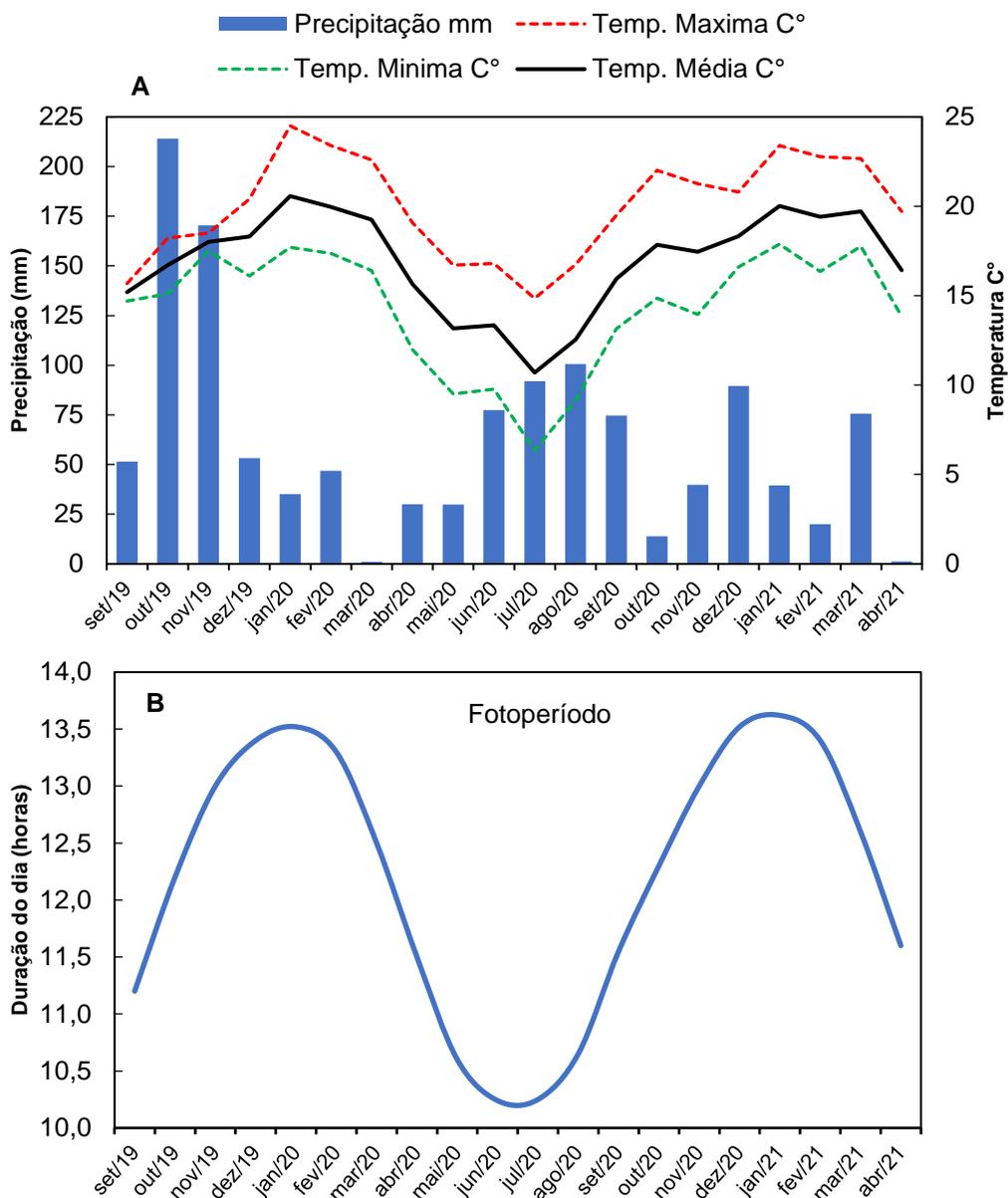
Fonte: Bergamaschi, (2009).

Para o ciclo produtivo da cultura do lúpulo pode-se observar que o fotoperíodo para a safra de 2019/20 foi de 13,5 horas e para safra seguinte de 13,6 horas (Figura 13B). O mesmo foi verificado por Fagherazzi (2020) para a safra 2018/19 com fotoperíodo de 13,8 horas. Estudos realizados por Rangel (2021) e Dodds

(2017) em regiões de clima subtropical na Florida e sul da Austrália, contataram produção significativa de lúpulo com fotoperíodo próximo a 14 horas.

Na Figura 13A, observa-se a temperatura média do ar, para o ciclo produtivo das plantas em 2019/20 para o município de Lages, SC, foi de 18,3 °C, com máxima de 22,6 °C e mínima de 16,4 °C. A precipitação foi de 572 mm. Já para o ciclo produtivo de 2020/21 a temperatura média do ar, durante o ciclo foi de 18,1 °C, com máxima de 21,5 °C e mínima de 16,6 °C. A precipitação foi de 354 mm, apresentando um menor volume do que o ciclo produtivo de 2019/20.

Figura 13 - Precipitação pluviométrica, temperaturas máxima, mínima e média do ar (A) e fotoperíodo (B), de 2019 a 2021 em Lages - SC.

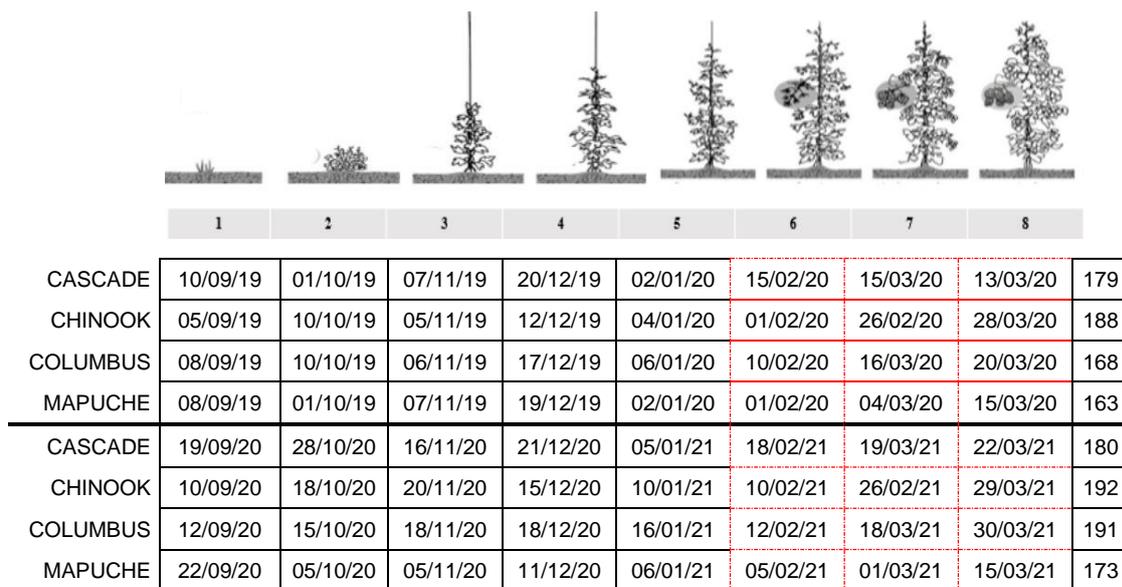


Fonte: Elaborada pelo autor, adaptado de Epagri, Ciram (2021).

Na Figura 14, encontram-se as datas dos primeiros estádios fenológicos das cultivares de lúpulo. Para a safra 2019/20, a cultivar Chinook foi a primeira a iniciar a brotação, completando seu ciclo produtivo com 188 dias, caracterizada como uma cultivar tardia. Já 'Mapuche' teve início da brotação, logo em seguida e completou seu ciclo produtivo com 163 dias, sendo a cultivar mais precoce. Para a safra 2020/21, 'Chinook' manteve ciclo produtivo tardio, com 192 dias, 'Mapuche' novamente foi a cultivar mais precoce com ciclo produtivo de 173 dias.

Fagherazzi (2020), em estudos com a fenologia das mesmas cultivares no município de Lages para a safra 2018/19, observou ciclo produtivo para cultivar Chinook de 189 dias.

Figura 14 - Fenologia das cultivares de lúpulo, durante o ciclo produtivo de 2019/20 e 2020/21 no município de Lages, SC.



- | | |
|----------------------------------|------------------------------|
| 1. Brotação | 5. Início da floração |
| 2. Desenvolvimento foliar | 6. Floração |
| 3. Formação de ramos laterais | 7. Desenvolvimento dos cones |
| 4. Alongamento do ramo principal | 8. Maturidade dos cones |

Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

4.2 ÁREA EXPERIMENTAL DA UDESC, LAGES, SC, SAFRA 2020/21

Análise dos componentes principais (PCA) para as cultivares de lúpulo avaliadas no município de Lages.

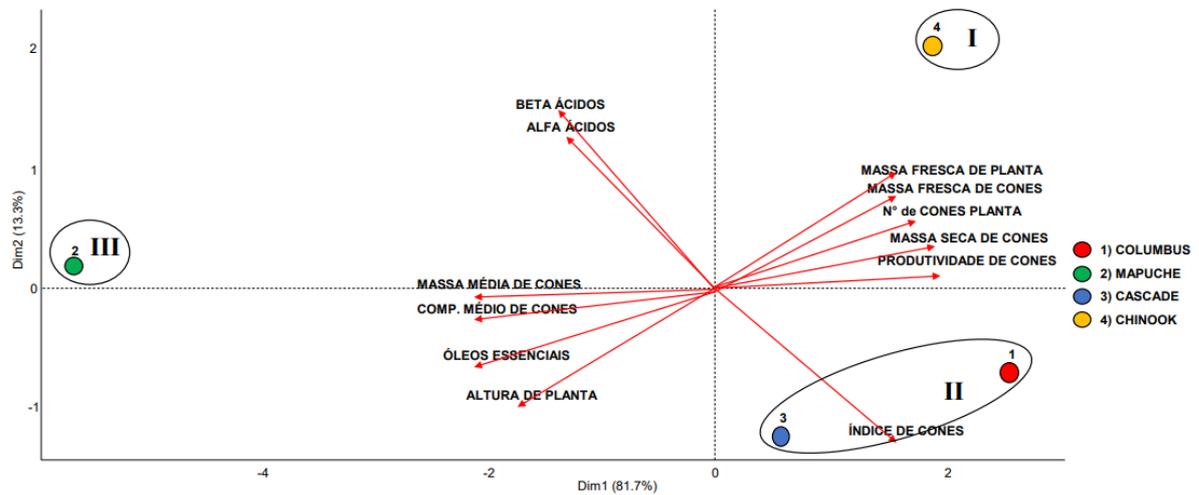
Os dois primeiros componentes principais (CP1 e CP2) resultantes da análise de componentes principais foram suficientes para explicar 95,0 % da variação no conjunto de dados obtidos nas safras 2020/21 (Figura 15). A contribuição da CP1 para a variação total foi de 81,7 %, sendo a principal responsável pela diferenciação das cultivares analisadas.

As principais variáveis que compõem a CP1 são as variáveis indicativas de desempenho produtivo de planta, tais como massa fresca de planta, massa fresca de cone, massa seca de cone, produtividade de cones, número de cones por planta e índice de cones. Nesse sentido, pode-se observar que para as cultivares Chinook, Columbus e Cascade (Grupo I e II destacados no gráfico da Figura 15) os resultados de desempenho produtivo de planta foram maiores do que para a cultivar Mapuche.

Para variável produção de cones por planta Chinook se mostrou superior, com massa seca média de cones de $88,25 \text{ g planta}^{-1}$, esse valor resultou em $211,82 \text{ kg ha}^{-1}$. Seguido por 'Columbus' com $87,23 \text{ g planta}^{-1}$, 'Cascade' com $83,50 \text{ g planta}^{-1}$ e 'Mapuche' com $71,94 \text{ g planta}^{-1}$. Sendo o rendimento da cultivar Chinook 18,53 % superior em relação a Mapuche (Apêndice 1). O número de cones em uma planta é um dos principais fatores que influenciam a produtividade (GONSAGA, 2021). Nesse sentido, 'Chinook' apresentou uma produção de cones 37,35 % superior a Mapuche, sendo a cultivar mais produtiva.

Da mesma forma, pode-se observar que a cultivar Mapuche (grupo III destacado no gráfico da Figura 15) se relaciona com as variáveis de alfa ácidos, beta ácidos, massa média de cones, comprimento médio de cones, óleos essenciais e altura de planta do que as cultivares Chinook, Columbus e Cascade.

Figura 15 - Análise dos componentes principais (PCA) para as variáveis avaliadas no estudo com as cultivares de lúpulo Columbus, Mapuche, Cascade e Chinook, Lages-SC, safra 2020/21.



Altura de planta (m); índice de cones (cone cm^{-1}); nº de cones por planta; comprimento médio de cones (cm); massa fresca da planta (g); massa média dos cones (g); massa fresca de cones (g planta^{-1}); massa seca de cones (g planta^{-1}); produtividade de cones (Kg ha^{-1}). alfa ácidos (%); beta ácidos (%); óleos essenciais.

Ou seja, a cultivar Mapuche resultou em menores valores para as variáveis que indicam desempenho produtivo de planta, no entanto, maiores valores para as variáveis responsáveis pelas características químicas e de tamanho de cones.

Em relação ao comprimento de cones, 'Mapuche' apresentou maior comprimento de cones, do que as demais cultivares. Com base no método ASBC Hops-2, os cones de 'Mapuche' são classificados como cones de tamanho médio (3,2-5,1 cm) e 'Cascade', 'Chinook' e Columbus como cones de tamanho pequeno (< 3,2 cm) (Apêndice 1).

A diferenciação entre as cultivares 'Chinook', 'Columbus' e 'Cascade' se deu em função da CP2, responsável por explicar 13,3 % da variação dos dados. As principais variáveis que compõem a CP2 são as medidas de alfa e beta ácidos, complementando as características químicas das cultivares.

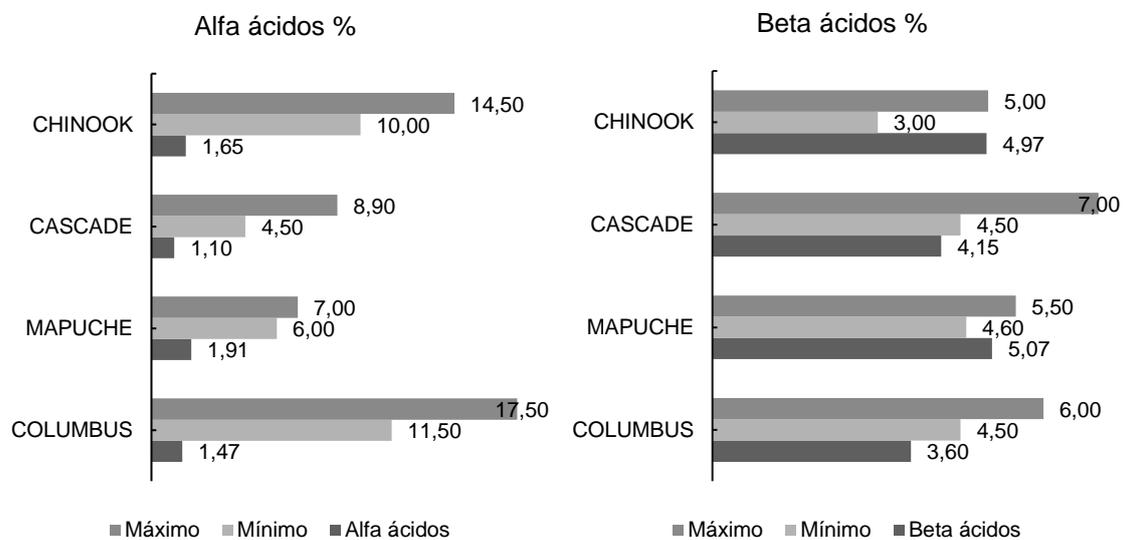
A cultivar Mapuche obteve resultado superior as demais cultivares em alfa ácidos, apresentando teor de 1,91 %, essa concentração é 13,6 % maior que a apresentada por 'Chinook' com teor de 1,65 %.

Dessa forma, pode-se observar entre as cultivares Chinook, Cascade e Columbus, com relação a quantidade de alfa e beta ácidos, a cultivar Chinook (α 1,65 % e β 4,97 %) apresentou maior valor do que a cultivar Columbus (α 1,47 % e β

3,60 %) e Cascade (α 1,10 % e β 4,15 %), já a cultivar Mapuche (α 1,91 % e β 5,07 %) (Figura 16) foi superior as demais (Figura 15).

Os teores de alfa e beta ácidos presentes nos cones de lúpulo, apresentam uma ampla variação. De acordo com Woodske (2012) e Spósito et al., (2019), a cultivar Cascade tem seu teor de alfa ácidos entre 4,5 a 8,9 %, Chinook entre 10 a 14 %, Columbus entre 11 a 18 % e Mapuche de 5,8 a 6,4 %.

Figura 16 - Teor de alfa ácidos (esquerda), beta ácidos (direita) presentes nos cones de lúpulo e teores mínimos e máximos de referência da literatura. Lages, SC.



Fonte: Elaborada pelo autor e dados de Woodske (2012) e Spósito et al., (2019).

Os valores para Cascade e Chinook foram inferiores ao encontrado por Guimarães (2021), em seu estudo com lúpulos cultivados no Distrito Federal, o Cascade apresentou 2,9 % e Chinook 6,93 % ainda assim abaixo da quantidade mínima para a cultivar. Em estudos realizados por Santos (2019), com 29 cultivares de lúpulo, cultivados em sete estados brasileiros foi observado que a maioria apresentou baixo índice de alfa ácido. Constatando um efeito do microclima, como a principal interferência na concentração de alfa ácidos.

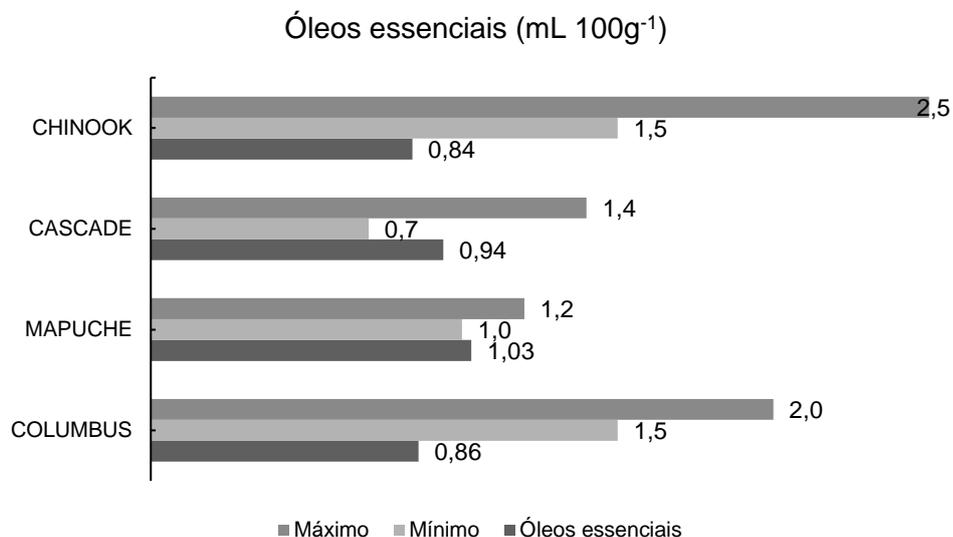
Desse modo, as variáveis de alfa ácidos, foram abaixo dos referenciados para todas as cultivares (Figura 16). Para Guimarães (2021), isso acontece pela oxidação das humulinonas, entre a colheita até a análise dos cones, devido a diminuição de amargor presente nos alfa ácidos, uma vez que o frescor da colheita faz com que menos ácidos sejam oxidados até o momento de sua utilização.

Para Silva (2019), os compostos de alfa e beta ácidos presentes nos cones, são a principal matéria prima do lúpulo, utilizado na fabricação de cervejas. No entanto, baixas concentrações de alfa ácidos nos cones, não impede seu uso, sendo necessário utilizar lúpulo em maior quantidade para fornecer amargor (GUIMARÃES, 2021).

Segundo Fagherazzi (2020), os óleos essenciais presentes nas glândulas de lupulina, podem representar cerca de 7,5 % do seu peso. Nesse sentido, 'Mapuche' apresentou o maior teor de óleos essenciais com 1,03 mL 100 g⁻¹ de lúpulo seco e maior massa média de cones com 0,49 g, dentro do nível estabelecido para a cultivar. Para 'Cascade', 'Chinnok' e 'Columbus' os nível de óleos essenciais não atingiram o descrito por Woodske em 2012 (Figura 17). No entanto, esses valores foram superiores aos encontrados por Fagherazzi (2020) com as mesmas cultivares nas safras 2018/19.

Para Guimarães (2021), o ponto de colheita, é um fator determinante, pois, se a colheita tenha sido realizada ainda no início do período de maturação, os cones têm a qualidade reduzida. Outro fator, a ser considerado, é que a produção de óleos tenha sido menor. Cabe ressaltar que os óleos essenciais, por serem extremamente voláteis, podem ser perdidos ao longo do tempo, ou degradados, mesmo nas melhores condições de armazenamento (RAUT et al., 2021).

Figura 17 - Teor de óleos essenciais presentes nos cones de lúpulo e teores mínimos e máximos de referência da literatura. Lages, SC.



Fonte: Elaborada pelo autor e dados de Woodske (2012) e Spósito et al., (2019).

Segundo Gonsaga (2021), a produtividade apresenta relação com a altura de planta, pois a planta de lúpulo atinge mais de cinco metros e apresenta os cones ao longo dessa extensão. 'Mapuche' se mostrou superior atingindo 4,62 metros de altura, tendo ultrapassado o topo da condução de 4,50 metros, assim como as demais cultivares (Apêndice 1). Neste sentido, o sistema de condução em linha, utilizado no experimento, torna-se um fator limitante para a produtividade das cultivares. De acordo com Fagherazzi (2020), a altura do sistema de condução é um fator importante a ser considerado, pois permite que a planta expresse todo seu potencial produtivo.

4.3 ÁREA EXPERIMENTAL NO MUNICÍPIO DE PALMEIRA, SC, SAFRA 2020/21

As análises de componentes principais (PCA), para as cultivares de lúpulo Columbus, Cascade e Chinook, apresentaram diferenças, tanto para as plantas de terceiro ano (Figura 18), quanto para as de segundo ano (Figura 22).

4.3.1 Cultivares de lúpulo de terceiro ano

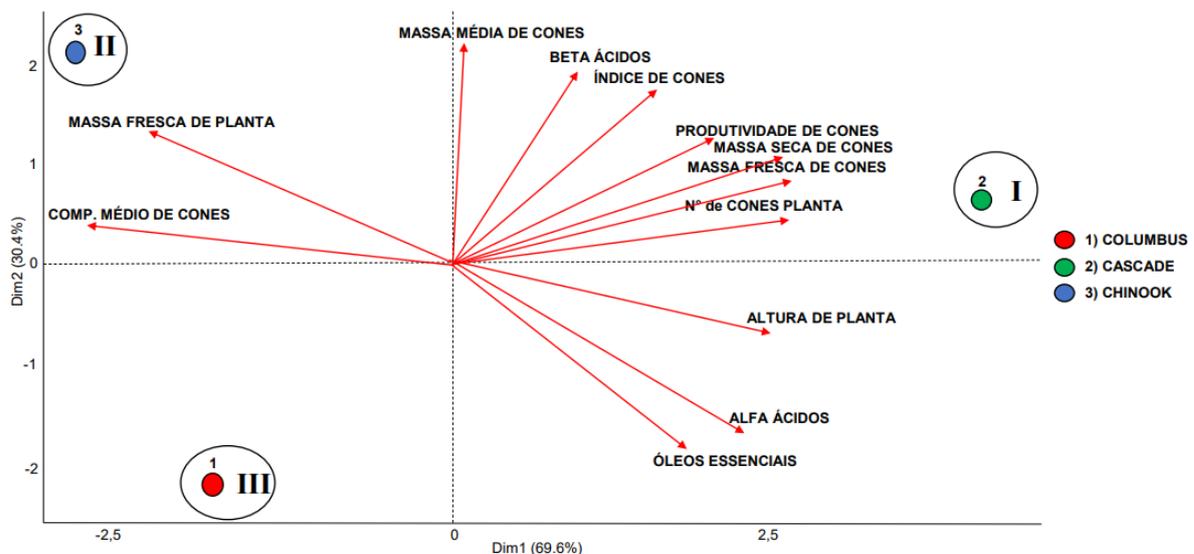
Os dois primeiros componentes principais (CP1 e CP2) resultantes da análise de componentes principais foram suficientes para explicar 100 % da variação no conjunto de dados obtidos, para as cultivares de lúpulo de terceiro ano, na safra 2021 (Figura. 18). A contribuição da CP1 para a variação total foi de 69,6 %, sendo a principal responsável pela diferenciação das cultivares analisadas.

As principais variáveis que compõem a CP1 são as variáveis indicativas de desempenho produtivo e de qualidade de cones, massa fresca de cones, massa seca de cones, produtividade de cones, número de cones por planta, altura de planta, alfa ácidos e óleos essenciais (Figura 18).

Nesse sentido, pode-se observar que a cultivar Cascade (Grupo I destacado no gráfico da Figura 18) apresenta resultados de desempenho produtivo e de qualidade de cones superior que as cultivares Chinook e Columbus. Da mesma forma, pode-se observar que a cultivar Chinook (Grupo II destacado no gráfico da Figura 18) se relaciona com as variáveis de massa média de cones, massa fresca da planta e comprimento de cone do que as cultivares Cascade e Columbus. Ou seja, a cultivar Chinook apresenta os maiores cones e material vegetal da planta de lúpulo.

Dentre as cultivares analisadas, a cultivar Columbus (Grupo III destacado no gráfico da Figura 18) apresenta-se disposta de maneira contrária para as principais variáveis de desempenho produtivo e qualidade de cones analisadas.

Figura 18 - Análise dos componentes principais (PCA) para as variáveis avaliadas no estudo com as cultivares de lúpulo de terceiro ano: Columbus, Cascade e Chinook, Palmeira, SC, safra 2021.



Altura de planta (m); índice de cones (cone cm^{-1}); n° de cones por planta; comprimento médio de cones (cm); massa fresca da planta (g); massa média dos cones (g); massa fresca de cones (g planta^{-1}); massa seca de cones (g planta^{-1}); produtividade de cones (Kg ha^{-1}). alfa ácidos (%); beta ácidos (%); óleos essenciais.

As cultivares Cascade se mostrou superior em relação a produção de cones, com massa seca média de cones de $113,70 \text{ g planta}^{-1}$, esse valor resultou em $340,88 \text{ kg ha}^{-1}$. Onde o rendimento da cultivar Cascade foi 36 % superior em relação a 'Columbus' que apresentou menor produtividade (Apêndice 1). Para a produtividade de cones Fagherazzi (2020), observou um comportamento contrário nas mesmas cultivares na safra 2019, onde 'Columbus' foi a mais produtiva e 'Cascade' apresentou a menor produtividade de cones.

A diferenciação entre as cultivares Columbus, Cascade e Chinook ocorreu em função da CP2, responsável por explicar 30,4 % da variação dos dados. As principais variáveis que compõem a CP2 são a massa média de cones, índice de cones e beta ácidos, dessa forma, pode-se observar que estas características são maiores nas cultivares Cascade e Chinook do que na cultivar Columbus (Figura 18). Quando analisada a cultivar Chinook em relação a primeira componente principal,

pode-se observar que apresenta maior massa fresca da planta e comprimento de cones, no entanto, menor concentração de alfa ácidos e óleos essenciais, e a menor altura de planta do que as cultivares Cascade e Columbus (Apêndice 1).

Para Spósito (2019) e Fagherazzi (2020), espera-se que a cada quilograma de cone de lúpulo fresco produzido por planta, sejam gerados um quilograma de material vegetal, como folhas e ramos (1:1). Para 'Cascade' essa relação foi de 1:2, no entanto, 'Columbus' e 'Chinook' 1:3 (Apêndice 1). O mesmo foi observado por Fagherazzi (2020), com 'Cascade', 'Chinook' e 'Columbus', no município de Palmeira, com relação de 1:2.

Segundo Dagostim (2019), esse aumento da massa vegetal, indica que o excesso inicial de nitrogênio provoca uma maior brotação lateral, com maior quantidade de ramos brotados, porém sem desenvolvimento produtivo. Cabe ressaltar, que a adubação nitrogenada é muito importante para a cultura, mas em excesso pode prejudicar a qualidade dos cones colhidos, devido a diminuição dos alfa ácidos e compostos aromáticos.

Em estudos realizados por Iskra et al., (2019) em Oregon e Washington, constataram uma relação negativa entre doses de nitrogênio e a porcentagem de alfa ácidos e os óleos essenciais, onde os alfa ácidos diminuíram em 0,44% e os óleos essenciais em 0,14 mL 100g⁻¹ quando aplicado a maior dose, de 269 kg ha⁻¹ de nitrogênio.

Para todas as cultivares foram observados, a formação de estruturas vegetativas, dispostas ao longo dos cones, com baixa quantidade de lupulina, com ocorrência nas plantas de segundo e terceiro ano (Figura 19).

Figura 19 - Cones de lúpulo com estruturas vegetativas em Palmeira, SC.

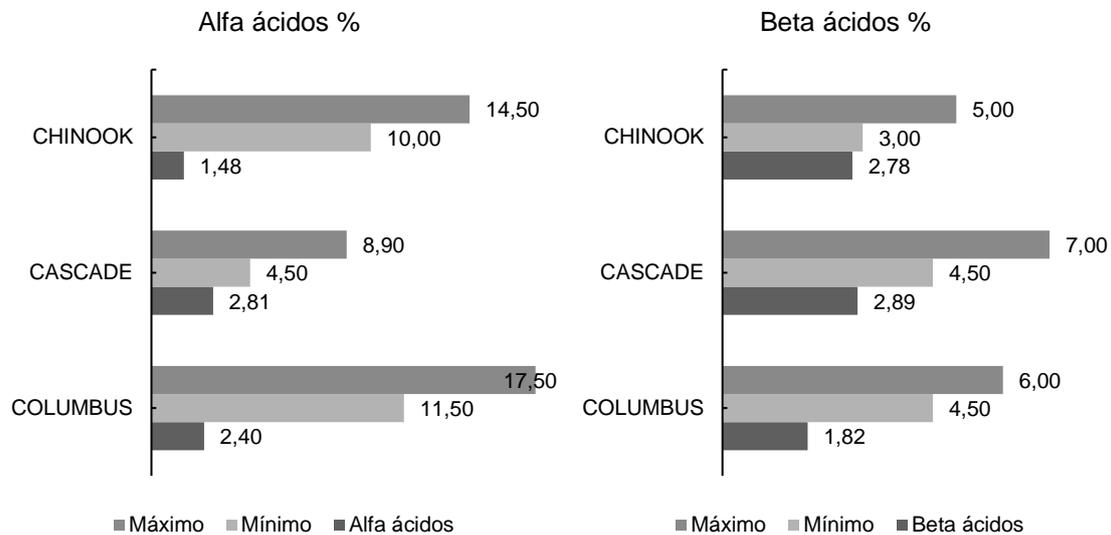


Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

Para Iskra et al., (2019), a aplicação de nitrogênio após a floração aumenta os níveis de nitrato nos cones. O excesso de nitrogênio disponível para a planta, tende a levar um maior acúmulo de nitrato nos tecidos, formando estruturas, como maneira de utilizar o nitrato acumulado. Dagostim (2019), em experimento com a cultura do lúpulo, verificou que o nitrogênio, se movimenta principalmente para o terço superior da planta e áreas que recebem maior iluminação, para formação de novos tecidos.

Em relação aos teores de alfa ácidos, pode-se observar que 'Cascade' obteve resultado superior as demais cultivares, apresentando teor de 2,81 %, essa concentração é 47,3 % maior que a apresentada por 'Chinook' com teor de 1,48 %. Dessa forma, pode-se observar que a quantidade de alfa ácidos presentes na cultivar Cascade foi superior do que nas cultivares Columbus e Chinook (Apêndice 2). No entanto, para todas as cultivares as variáveis de alfa e beta ácidos, foram abaixo dos referenciados (Figura 20).

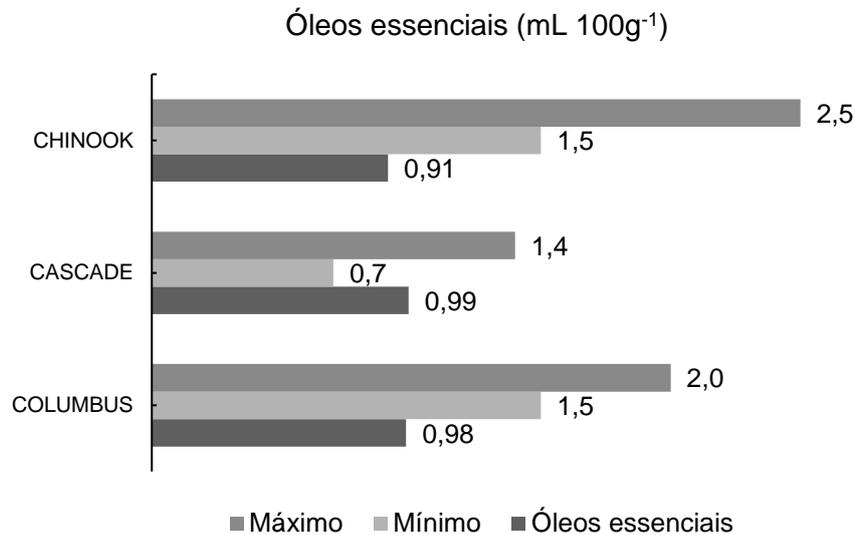
Figura 20 - Teor de alfa ácidos (esquerda), beta ácidos (direita) presentes nos cones de lúpulo e teores mínimos e máximos de referência da literatura. Palmeira, SC.



Fonte: Elaborada pelo autor e dados de Woodske (2012) e Spósito et al., (2019).

O teor de óleos essenciais apresenta variações a cada safra. 'Cascade' apresentou o maior teor de óleos essenciais com $0,99 \text{ mL } 100 \text{ g}^{-1}$ de lúpulo seco, dentro do nível estabelecido para a cultivar. Para 'Chinook' e 'Columbus' os níveis de óleos essenciais não atingiram o descrito por Woodske em 2012 (Figura 21). No entanto, esses valores foram superiores aos encontrados por Fagherazzi (2020) com as mesmas cultivares nas safras 2019.

Figura 21 - Teor de óleos essenciais presentes nos cones de lúpulo e teores mínimos e máximos de referência da literatura. Palmeira, SC.



Fonte: Elaborada pelo autor e dados de Woodske (2012) e Spósito et al., (2019).

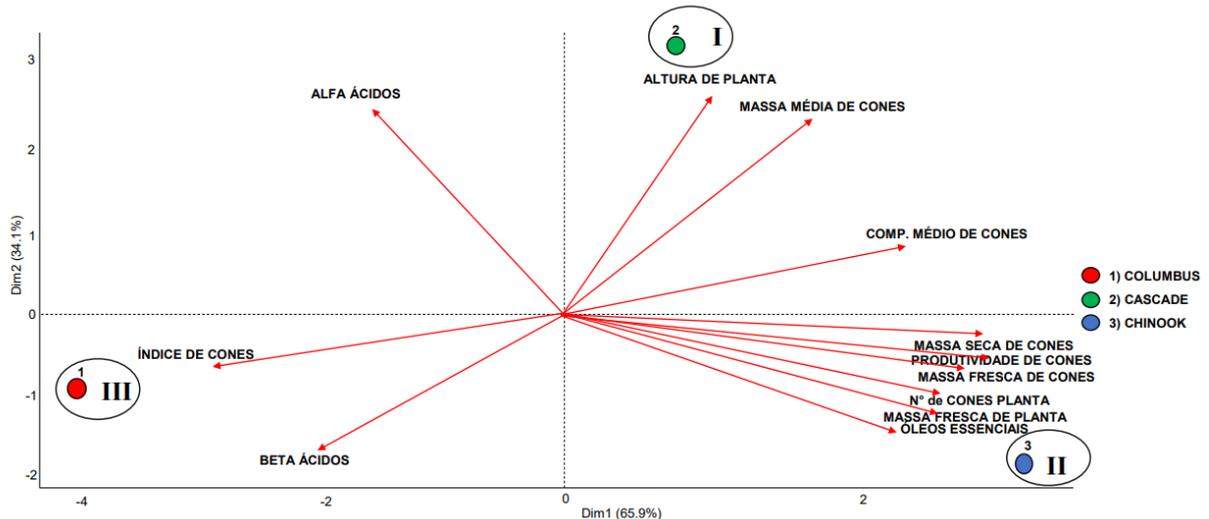
4.3.2 Cultivares de lúpulo de segundo ano

Os dois primeiros componentes principais (CP1 e CP2) resultantes da análise de componentes principais foram suficientes para explicar 100 % da variação no conjunto de dados obtidos, para as cultivares de lúpulo de segundo ciclo, na safra 2021 (Figura. 22). A contribuição da CP1 para a variação total foi de 65,9 %, sendo a principal responsável pela diferenciação das cultivares analisadas.

As principais variáveis que compõem a CP1 são as variáveis indicativas de desempenho produtivo da planta, tais como massa média de cones, comprimento de cones, massa seca de cones, produtividade de cones, massa fresca de cones, número de cones por planta, massa fresca de planta e óleos essenciais.

Nesse sentido, pode-se observar que a cultivar Cascade e Chinook (Grupo I e II destacados no gráfico da Figura 22) apresentam resultados de desempenho produtivo superior que a cultivar Columbus. Da mesma forma, pode-se observar que a cultivar Columbus (grupo III destacado no gráfico da Figura 22) se relaciona com as variáveis, beta ácidos e índice de cones, do que a cultivar Cascade. Ou seja, a cultivar Columbus resultou em menores valores para as variáveis que indicam desempenho produtivo de planta, no entanto, maiores valores para as variáveis de características químicas e de quantidades de cones.

Figura 22 - Análise dos componentes principais (PCA) para as variáveis avaliadas no estudo com as cultivares de lúpulo de segundo ano: Columbus, Cascade e Chinook, Palmeira, SC, safra 2021.



Altura de planta (m); índice de cones (cone cm^{-1}); n° de cones por planta; comprimento médio de cones (cm); massa fresca da planta (g); massa média dos cones (g); massa fresca de cones (g planta^{-1}); massa seca de cones (g planta^{-1}); produtividade de cones (Kg ha^{-1}). alfa ácidos (%); beta ácidos (%); óleos essenciais.

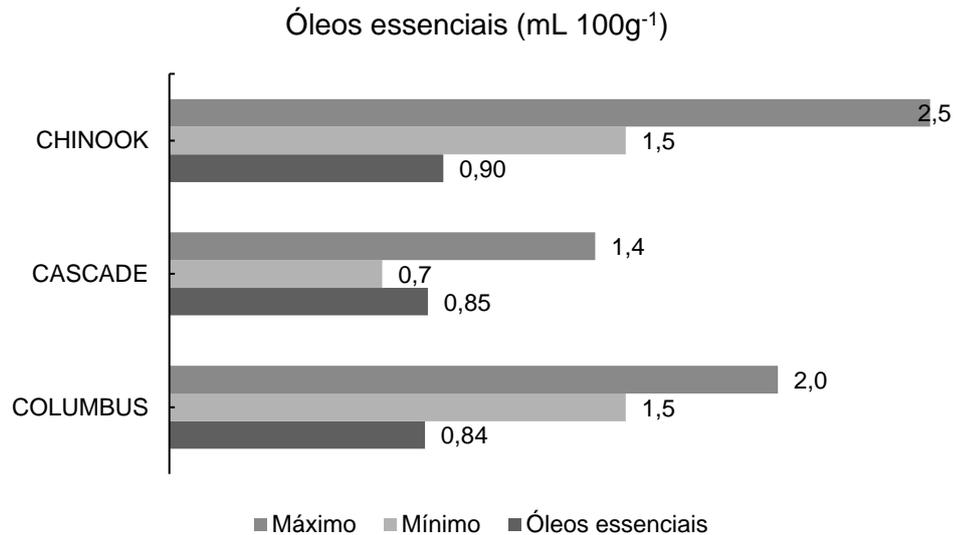
A cultivar Cascade se mostrou superior as demais cultivares, com massa seca média de cones de $121,25 \text{ g planta}^{-1}$, esse valor resultou em $362,25 \text{ kg ha}^{-1}$. Sendo o rendimento da cultivar Cascade 22 % superior em relação a Columbus (Apêndice 1).

A diferenciação entre as cultivares Columbus, Cascade e Chinook ocorreu em função da CP2, responsável por explicar 34,1 % da variação dos dados. As principais variáveis que compõem a CP2 são os alfa ácidos e altura de planta, dessa forma, pode-se observar que estas características são maiores na cultivar Cascade do que na cultivar Columbus (Figura 22). Quando analisada a cultivar Chinook em relação a segunda componente principal, pode-se observar que apresenta um maior número de cones por planta e massa fresca de planta, com maior concentração de óleos essenciais, porém, menor concentração de alfa ácidos e menor altura de planta, do que as cultivares Cascade e Columbus (Apêndice 1).

Em relação aos óleos essenciais, 'Chinook' apresentou o maior teor com $0,90 \text{ mL } 100 \text{ g}^{-1}$ de lúpulo seco. No entanto, 'Cascade' apresentou teor de óleos

essenciais dentro do nível estabelecido para a cultivar. Enquanto 'Chinook' e 'Columbus' não atingiram o descrito por Woodske em 2012 (Figura 23).

Figura 23 - Teor de óleos essenciais presentes nos cones de lúpulo e teores mínimos e máximos de referência da literatura. Palmeira, SC.

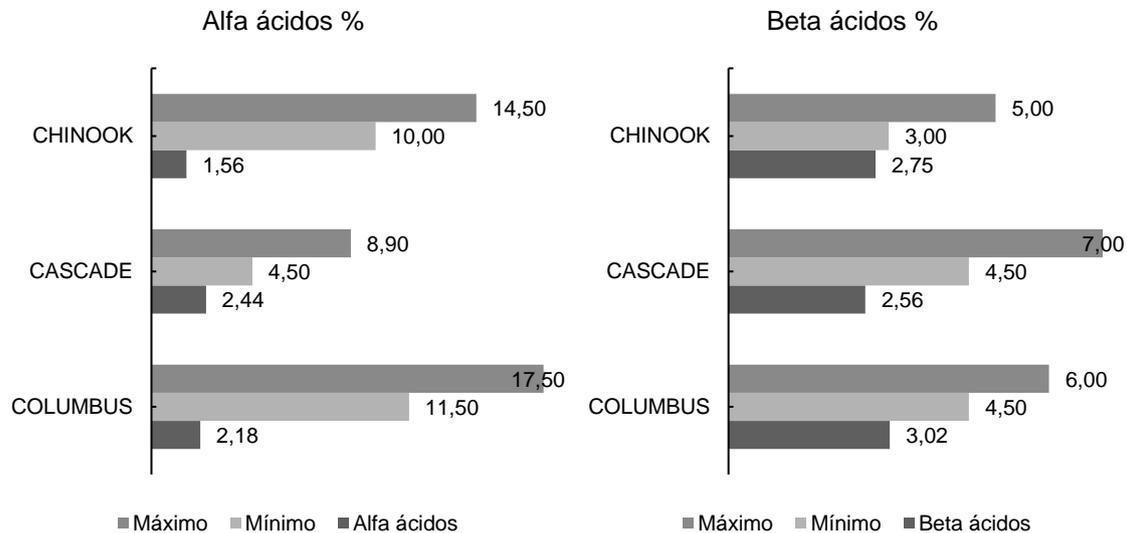


Fonte: Elaborada pelo autor e dados de Woodske (2012) e Spósito et al., (2019).

A cultivar Cascade obteve resultado superior as demais cultivares em alfa ácidos, apresentando teor de 2,44 %, essa concentração é 36 % superior que a apresentada por 'Chinook' com teor de 1,56 % (Figura 24).

Dessa forma, pode-se observar que a quantidade de alfa ácidos presentes na cultivar Cascade é maior do que nas cultivares Columbus e Chinook. No entanto, as variáveis de alfa e beta ácidos, foram abaixo dos referenciados para todas as cultivares (Figura 24).

Figura 24 - Teor de alfa ácidos (esquerda), beta ácidos (direita) presentes nos cones de lúpulo e teores mínimos e máximos de referência da literatura. Palmeira, SC.



Fonte: Elaborada pelo autor e dados de Woodske (2012) e Spósito et al., (2019).

De acordo com Janish (2021), o teor de alfa ácidos apresenta variações de um ano para o outro. Em um estudo realizado no Vale Yakima, estado do Washington, foi observado que no ano de 2014 houve incremento nos teores de alfa e beta ácidos para 'Chinook' em relação ao ano de 2013.

4.4 PERFIL QUANTITATIVO E QUALITATIVO DE CONES NO TERÇO SUPERIOR, MÉDIO E INFERIOR DA PLANTA DE LÚPULO, NO MUNICÍPIO DE PALMEIRA, SC.

As análises de componentes principais (PCA), para o terço superior, médio e inferior de cones da planta de lúpulo, apresentaram diferenças, tanto para as plantas de terceiro ano (Figura 25), quanto para as de segundo ano, nas cultivares de lúpulo Columbus, Cascade e Chinook analisadas (Figura 27).

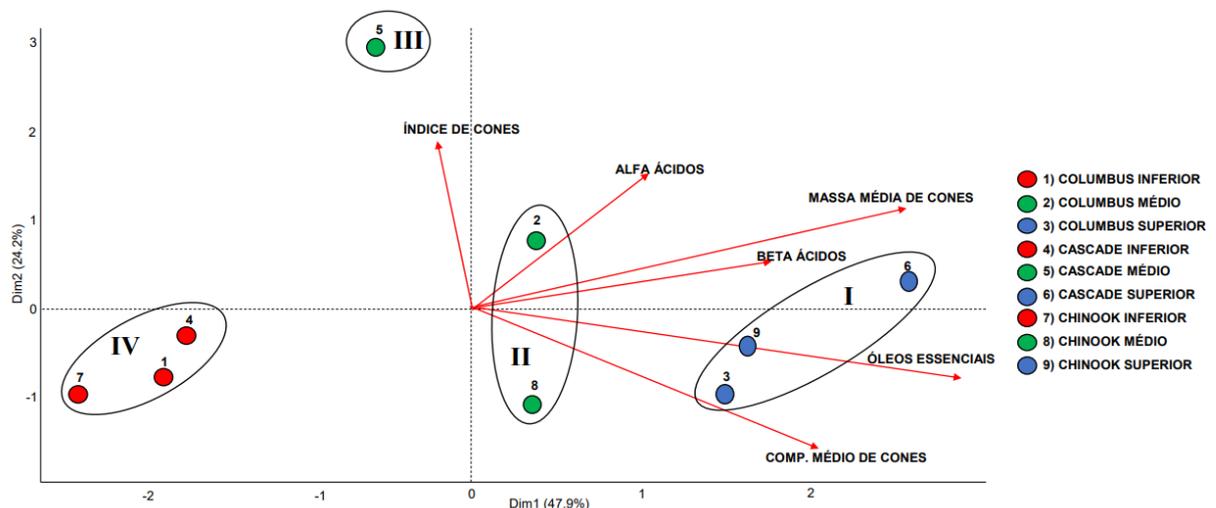
4.4.1 Perfil quantitativo e qualitativo de cones de lúpulo para planta de terceiro ano

Os dois primeiros componentes principais (CP1 e CP2) resultantes da análise de componentes principais foram suficientes para explicar 72,1 % da variação no conjunto de dados obtidos, para o terço superior, médio e inferior das cultivares de lúpulo de terceiro ano, na safra 2021 (Figura 25). A contribuição da CP1 para a variação total foi de 47,9 %, sendo a principal responsável pela diferenciação das cultivares analisadas.

As principais variáveis que compõem a CP1 são as variáveis indicativas das características produtivas e de qualidade de cones, como comprimento médio dos cones, massa média de cones, óleos essenciais, beta ácidos e alfa ácidos. Nesse sentido, pode-se observar que o terço superior para as cultivares analisadas, Columbus, Cascade e Chinook (Grupo I destacado no gráfico da Figura 25) apresentam os maiores resultados de características produtivas e de qualidade, do que o terço inferior para todas as cultivares (Grupo IV destacado no gráfico da Figura 25).

Da mesma forma, pode-se observar que o terço médio (Grupo II e III destacado no gráfico da Figura 25) se relaciona com as variáveis de índice de cones, massa média de cones e comprimento médio de cone. Ou seja, o terço médio se relaciona com as características produtivas de cones, no entanto, o terço superior se relaciona com as características produtivas e de qualidade de cones para todas as cultivares (Apêndice 3).

Figura 25 - Análise dos componentes principais (PCA) para as variáveis avaliadas no estudo com perfil de cones, para as cultivares de lúpulo de terceiro ano: Columbus, Cascade e Chinook, Palmeira, SC, safra 2021.



Índice de cones; comprimento médio de cones; massa média dos cones (g); alfa ácidos (%); beta ácidos (%); óleos essenciais.

A diferenciação entre o terço superior, médio e inferior, ocorreu em função da CP2, responsável por explicar 24,2 % da variação dos dados. A principal variável que compõem a CP2 é o índice de cones, dessa forma, pode-se observar que esta característica se relaciona com o perfil médio de cones das cultivares. Quando analisado o perfil inferior (Grupo IV destacado no gráfico da Figura 25) em relação a segunda componente principal, pode-se observar que esse, se apresenta disposto de maneira contrária para as principais variáveis analisadas, para as todas as cultivares.

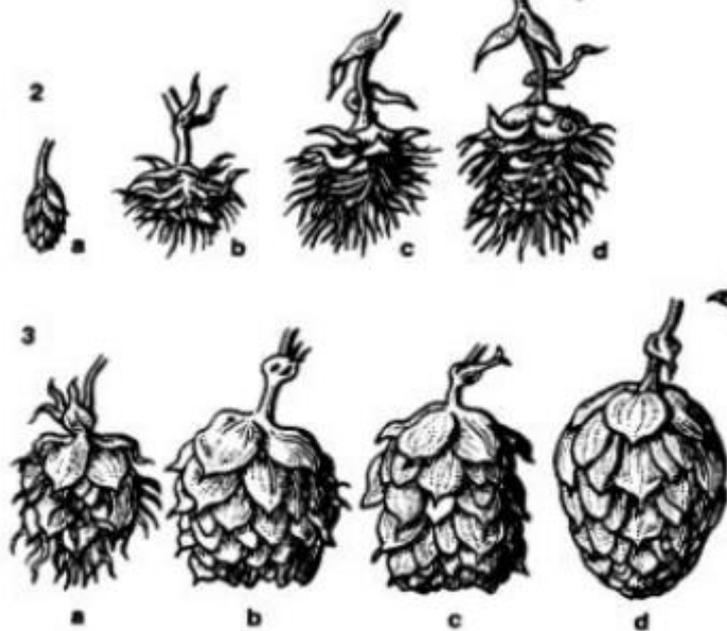
Para todas as cultivares houve o mesmo padrão de comportamento em relação as variáveis, para o perfil inferior, médio e superior da planta.

O teor de óleos essenciais foi maior no perfil superior da planta, seguindo pelo perfil médio e inferior (Apêndice 2). A concentração de alfa ácidos foi maior no perfil médio e superior da planta, do que no inferior. Assim como a massa média de cones. O mesmo foi observado por Ruth (2018), com amostras de cones coletados, da primeira metade para baixo da planta e da metade da planta até o ápice, onde houve aumento da massa de cones com o aumentou da altura da planta.

Com base no método ASBC Hops - 2, para o comprimento de cones, o perfil médio e superior apresenta cones de tamanho médio, já o perfil inferior cones de tamanho pequeno (Apêndice 3).

Os cones de lúpulo dispostos no perfil superior e médio, apresentam uma inflorescência completa. No entanto, os cones presentes no perfil inferior ainda estão em desenvolvimento (Figura 26).

Figura 26 - Desenvolvimento da inflorescência de lúpulo, 2 (a – $\frac{1}{4}$ da inflorescência, b – $\frac{1}{2}$ da inflorescência, c – $\frac{3}{4}$ da inflorescência, d – inflorescência completa); Desenvolvimento do cone, 3 (a – $\frac{1}{4}$ do crescimento do cone, b – $\frac{1}{2}$ do crescimento do cone, c – $\frac{3}{4}$ do crescimento do cone, d – crescimento do cone completo).



Fonte: Adaptado de Rybacek (1991).

O perfil médio da planta apresentou maior índice de cones, ou seja, o número de cone por centímetro de ramo lateral (Apêndice 3). Por apresentar uma estrutura de planta em formato guarda-chuva, a variável índice de cones, é uma característica que visivelmente se relaciona com perfil médio da planta. Para Fagherazzi (2020) e Gonsaga (2021), os ramos laterais produtivos, apresentam aumento da produtividade, pois ao longo de cada ramo lateral, estão dispostos vários cones.

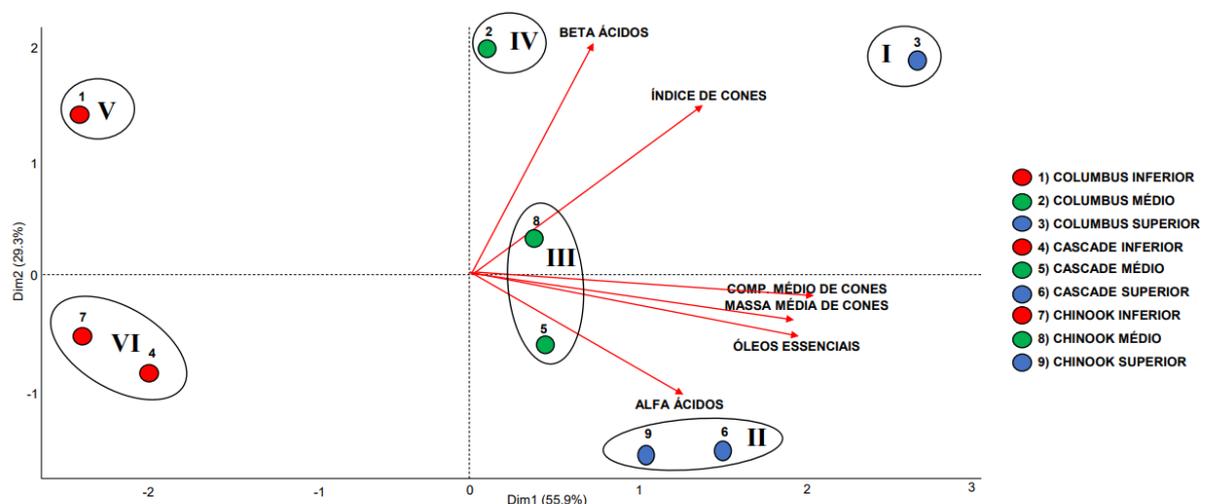
4.3.2 Perfil quantitativo e qualitativo de cones de lúpulo para planta de segundo ano

Os dois primeiros componentes principais (CP1 e CP2) resultantes da análise de componentes principais foram suficientes para explicar 85,2 % da variação no conjunto de dados obtidos, para o perfil superior, médio e inferior das cultivares de lúpulo de segundo ano, na safra 2021 (Figura 27). A contribuição da CP1 para a variação total foi de 55,9 %, sendo a principal responsável pela diferenciação das cultivares analisadas.

As principais variáveis que compõem a CP1 são as variáveis indicativas das características produtivas e de qualidade de cones, como índice de cones, comprimento médio dos cones, massa média de cones, óleos essenciais e alfa ácidos. Nesse sentido, pode-se observar que o perfil superior para as cultivares analisadas, Columbus, Cascade e Chinook (Grupo I e II destacado no gráfico da Figura 27) apresentam os maiores resultados de características produtivas e de qualidade, do que o perfil inferior para todas as cultivares (Grupo V e VI destacado no gráfico da Figura 27).

Da mesma forma, pode-se observar que o perfil médio (Grupo III e IV destacado no gráfico da Figura 27) se relaciona com as variáveis de beta ácidos, índice de cones, massa média de cones e comprimento médio de cone. Ou seja, o perfil médio se relaciona com as características produtivas, no entanto, o perfil superior se relaciona com as características produtivas e de qualidade de cones para todas as cultivares.

Figura 27 - Análise dos componentes principais (PCA) para as variáveis avaliadas no estudo com perfil de cones, para as cultivares de lúpulo de segundo ano: Columbus, Cascade e Chinook, Palmeira, SC, safra 2021.



Índice de cones; comprimento médio de cones; massa média dos cones (g); alfa ácidos (%); beta ácidos (%); óleos essenciais.

A diferenciação entre o perfil superior, médio e inferior, ocorreu em função da CP2, responsável por explicar 29,3 % da variação dos dados. A principal variável que compõem a CP2 são os beta ácidos, dessa forma, pode-se observar que esta característica se relaciona com o perfil médio de cones das cultivares.

Quando analisado o perfil inferior (Grupo V e VI destacado no gráfico da Figura 27) em relação a segunda componente principal, pode-se observar que esses, se apresentam dispostos de maneira contrária para as principais variáveis analisadas, para todas as cultivares.

Para todas as cultivares, houve o mesmo padrão de comportamento em relação as variáveis, para o perfil inferior, médio e superior da planta.

A concentração de alfa ácidos foi maior no perfil superior da planta, seguindo pelo perfil médio e inferior. Assim como a massa média de cones e os óleos essenciais.

O perfil médio e superior da planta apresentaram o maior índice de cones, ou seja, o número de cone por centímetro de ramo lateral. A presença de ramos laterais está diretamente ligada a maior produtividade, porém, por apresentar maior quantidade de cones, os cones distribuídos ao longo dos ramos são menores.

Os ramos laterais se estendem a partir do ramo principal, onde são formadas as flores, plantas com presença de ramos laterais, são consideradas mais produtivas, do que as plantas que apresentam cones apenas no ramo principal (CARVALHO, 2018).

Com base no método ASBC Hops - 2, para o comprimento de cones, o perfil médio e superior apresenta cones de tamanho médio, já o perfil inferior cones de tamanho pequeno (Apêndice 3). Para Raut (2021), a alongação das brácteas finaliza o crescimento 40 dias após a floração e os cones atingem o peso máximo 45 dias após a floração. No entanto, o tamanho dos cones pode apresentar variações para diferentes safras e locais.

Conforme descrito na Figura 28, os cones de lúpulo apresentam uma raquis onde se fixam as flores e as brácteas, cones com maior tamanho, possuem uma raquis mais alongada com maior disposição de brácteas, conferindo assim maior presença de lupulina nos cones.

Figura 28 - Inflorescência de lúpulo (a esquerda), as flores protegidas pelas brácteas (no centro) e a raquis onde se fixam as flores e as brácteas (a direita).



Fonte: Spósito et al., (2019).

As glândulas de lupulina encontram-se distribuídas ao longo das brácteas nos cones de lúpulo, conforme pode se observar na Figura 29.

Figura 29 - Corte longitudinal do cone de lúpulo, contendo glândulas de lupulina.



Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

4.5 VIABILIDADE ECONÔMICA DE CULTIVARES DE LÚPULO

A viabilidade econômica da cultura de lúpulo, foi estruturada, levando-se em consideração a área de cultivo de um hectare, com capacidade de plantio de 3.000 mudas (2 % de replantio), em sistema de condução em V, com altura de 5 m, espaçamento entre plantas de 1,0 m e entre linhas de 3,00 m.

Foram estimados os valores de produção da cultura do lúpulo para 10 anos, conforme dados coletados na VG Hoppery no município de Palmeira na safra 2020/21, com plantas de lúpulo de segundo e terceiro ano.

Na Tabela 1, encontram-se descritos os itens para a implantação de um hectare de lúpulo, como base em uma área de 3.000 plantas em sistema de irrigação por gotejamento.

Tabela 1. Estimativa de custo de implantação de um hectare de lúpulo. Safra 2020/21.

Descrição	Quantidade	Valor unitário	Valor Total
Análise de solo	1	60,00	60,00
Mudas	3.060	15,00	45.900,00
Palanque 7M 12/15 cm	305	75,00	22.875,00
Âncora de solo	62	25,00	1.500,00
Arame liso 2,5 mm	6.000 m	0,95	5.700,00
Arame liso 1,5 mm (Tubo de irrigação)	4.000 m	0,82	3.280,00
Grampo	3 pc	23,50	70,50
Esticador	62 un.	6,98	432,76
Clips 1/8"	124 un.	6,80	843,20
Cordoalha de 3 fios	3.000 m	1,36	4.080,00
Catraca	124 un.	6,98	865,52
Caixa d'agua 10 mil litros	1 un.	4,90	4.900,00
Tubo de irrigação	3.500 m	4,70	16.450,00
Canos para irrigação	100 m	10,00	1.000,00
Bomba de irrigação	1 un.	2.900,00	2.900,00
Adubação	-	1.200,00	1.200,00
Pardalera	1 un.	100,00	100,00
Escada	1 un.	500,00	500,00
Facão	1 un.	80,00	80,00

Roçadeira costal	1 un.	1.800,00	1.800,00
Pulverizador costal 20L	1 un.	400,00	400,00
Mão de obra	3 dias/8h ha ⁻¹ x (2 funcionários)	150,00	900,00
Guindaste	1 vez/8h ha ⁻¹	120,00	960,00
Total			116.796,98

Fonte: Elaborada pelo autor (2022).
Cotação US\$ 4,68.

Para o cultivo de um hectare de Lúpulo, o investimento inicial é de R\$ 116.796,98 contabilizando toda a estrutura, mão de obra para implantação, custo de mudas, sistema de irrigação, máquinas e equipamentos (Tabela 1). Este estudo leva em consideração a implantação da cultura em uma área própria do produtor.

As mudas de lúpulo representam o maior custo na implantação, em torno de 40 %. Para a compra do lote total de mudas o produtor consegue um menor preço, comparado ao valor unitário. As mudas podem ser adquiridas de viveiros parceiros, cadastrados na Aprodúpulo, garantindo um bom desempenho produtivo.

O custo de produção é composto pelas despesas, de operações manuais, os insumos, e demais despesas. Para a safra 2020/21 o custo de produção estimado foi de R\$ 13.324,00 (Tabela 2). Sendo os valores corrigidos anualmente.

Em relação aos custos de mão de obra, os mesmos podem ser realizados pelo produtor rural, como o manejo da adubação, roçada, aplicações e condução da cultura. Apenas para o período da colheita, faz-se necessário realizar o manejo com três funcionários.

Na Tabela 2, encontram-se os dados descritos do custo de produção de um hectare de lúpulo, estimados para uma safra agrícola, os indicadores podem variar anualmente, devido ao ciclo produtivo da cultura.

Tabela 2. Estimativa do custo de produção de um hectare de lúpulo na safra 2020/21.

Descrição	Frequência/Tempo	Quantidade	Valor unitário	Total
Adubação verde	-	4 sc.	110,00	440,00
Adubação de cobertura	-	5 sc.	150,00	750,00
Fertirrigação	-	10 sc.	200,00	2.000,00
Produtos fitossanitários	14 aplicações	-	200,00	1.400,00
Sisal/Fio		40.000 m	0,05	2.000,00

Combustível	-	20 L	6,70	134,00
Roçada	10 vezes/8h ha ⁻¹	10 dias	150,00 dia	1.500,00
Condução	4 vezes/8h ha ⁻¹	4 dias	150,00 dia	600,00
Poda de brotação	4 vezes/8h ha ⁻¹	4 dias	150,00 dia	600,00
Aplicação fitossanitária	14 vezes/8h ha ⁻¹	14 dias	150,00 dia	2.100,00
Colheita	1 vez/8h ha ⁻¹	4 dias x (3 funcionários)	150,00 dia	1.800,00
Total				13.324,00

Fonte: Elaborada pelo autor (2022).
Cotação US\$ 4,68.

Na Tabela 3, encontram-se os dados de produtividade da cultura de lúpulo e o valor pago por kg seco da cultura na região. A partir do custo de implantação da cultura e os custos de produção por safra, se estabelece o retorno financeiro ao final de cada safra. Os dados são descritos com base em um financiamento agrícola, para cinco anos de carência a uma taxa de juros anuais de 4,5 %.

Tabela 3. Produtividade, preço médio, receita, despesas e lucratividade de um hectare de lúpulo em 10 anos.

Ano	Produtividade (Kg ha ⁻¹)	Preço (Kg)*	Receita bruta R\$	Despesas* R\$	Lucro líquido R\$	Financiamento** R\$	Saldo R\$
1	150,00	100,00	15.000,00	13.324,00	1.676,00	116.796,98	-115.120,98
2	322,50	103,80	33.475,50	13.803,66	19.671,84	102.381,01	-102.381,01
3	340,80	107,74	36.717,80	14.300,60	22.417,20	84.570,96	-84.570,96
4	400,00	111,84	44.736,00	14.815,42	29.920,58	58.456,07	-58.456,07
5	450,00	116,09	52.240,50	15.378,47	36.891,73	24.194,86	-24.194,86
6	450,00	120,50	54.225,00	15.901,33	38.323,67	13.040,04	13.040,04
7	450,00	125,08	56.286,00	16.473,78	39.812,22	-	52.852,26
8	450,00	129,83	58.423,50	17.066,83	41.356,67	-	94.208,93
9	450,00	134,76	60.642,00	17.681,24	42.960,76	-	137.169,69
10	450,00	139,88	62.946,00	18.317,76	44.628,24	-	181.797,93
PB 5,7 anos				TIR 8,5 %			
VPL R\$ 181.797,93				TMA 4,5 %			

Fonte: Elaborada pelo autor (2022).
Cotação US\$ 4,68.

*Valores corrigidos anualmente (3,6 %).

**Financiamento 4,5 % a.a.

Conforme (Tabela 3), o valor pago pela produção de lúpulo na região, de acordo com a *payback*, no sexto ano produtivo ocorre o retorno do investimento

financeiro. A cultura do lúpulo apresenta um alto custo inicial, porém, pode ser conciliada com outras atividades na propriedade, e os custos com manejo podem ser realizados pelo próprio produtor ao longo do ciclo da cultura, diminuindo assim os custos de produção. Sendo uma alternativa para a diversificação da propriedade rural na região Serrana.

O lúpulo apresenta uma baixa produção no primeiro ano, com estabilidade a partir do terceiro ano. Dessa forma, a cultura é considerada rentável, com lucratividade de R\$ 52.852,26 no sétimo ano de produção. Com um valor de VPL de R\$ 181.797,93 em dez anos, levando em consideração que a cultura tem uma vida útil de 15 anos.

A taxa interna de retorno (TIR) foi de 8,5 %, sendo maior que a taxa mínima atrativa (TMA), dessa forma, a implantação da cultura torna-se viável economicamente para a região.

5. CONCLUSÃO

As cultivares de lúpulo Cascade, Chinook, Columbus e Mapuche completaram seu ciclo produtivo, com produção de cones, para o clima da região Serrana.

A cultivar Chinook apresentou maior produção de cones para a região de Lages, com 88,25 g planta⁻¹ de lúpulo seco. Para o município de Palmeira, a cultivar Cascade apresentou maior produção de cones para as plantas de terceiro e segundo ano, com produção de 113,70 e 121,25 g planta⁻¹ de lúpulo seco respectivamente.

Esses valores serviram de base para demonstrar a viabilidade econômica da cultura de lúpulo na região Serrana. Com base nos dados da análise de viabilidade econômica, pode-se observar, que a implantação da cultura é financeiramente viável para a região Serrana para diversificação da propriedade rural. A cultura apresenta um valor de investimento inicial considerado alto de R\$ 116.796,98 para a implantação, no entanto o retorno financeiro ocorre no quinto ano de cultivo, com lucratividade por safra de R\$ 52.852,26 para uma área de um hectare da cultura.

Houve diferenças no ciclo produtivo de cada cultivar, sendo a cultivar Chinook com maior ciclo de 188 dias para safra 2019/20 e a cultivar Mapuche com o menor ciclo, de 163 dias. Para safra 2020/21 a cultivar Chinook manteve seu ciclo tardio com 192 dias, 'Mapuche' com o menor ciclo, de 173 dias para a área experimental de Lages.

Para a qualidade dos cones, as concentrações de alfa e beta ácido dos cones de todas as cultivares foram abaixo dos valores de referência. Apenas 'Mapuche' em Lages e 'Cascade' em Palmeira obtiveram teor de óleos essenciais dentro dos valores de referência para a cultivar.

Dentro do perfil de cones da planta de lúpulo, para todas as cultivares, o terço inferior apresenta menor tamanho de cone e menor qualidade química dos cones. Já para os terços médio e superior a qualidade se equipara.

Através dos resultados obtidos, o cultivo de lúpulo torna-se uma alternativa promissora para os agricultores da região Serrana com oportunidade de diversificação da propriedade rural. A cultura apresenta viabilidade técnica e econômica em um hectare de área plantada, com retorno financeiro a partir do quinto ano de cultivo.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A cultura do lúpulo apresenta característica para produção em pequenas áreas, com sistema de condução vertical, fator que exige alto custo inicial, além de condução e manejo. No entanto é uma cultura com alto valor agregado, permitindo aos produtores rentabilidade necessária para permanecer na propriedade, através da diversificação da propriedade rural. Com os resultados obtidos no estudo, o cultivo do lúpulo, apresenta retorno financeiro a partir do sexto ano de cultivo, sendo uma alternativa promissora para os agricultores da região Serrana. Levando em conta, a necessidade do manejo de irrigação para o desempenho produtivo da cultura.

Para a cultura do lúpulo além da produtividade, as características químicas de qualidade de cones são consideradas importantes. Os cones de lúpulo são a matéria prima para a indústria cervejeira. Altos teores de alfa, beta ácidos e óleos essenciais fornecem amargor e aroma necessário para produção de cervejas. Conforme os resultados do estudo, os cones colhidos na região apresentam baixos teores dos componentes químicos. Sendo necessário adequar o manejo de adubação, evitando aplicações tardias de nitrogênio, e determinar o ponto ideal de colheita dos cones. Pois, a qualidade dos cones e os teores de alfa, beta ácidos e óleos essenciais podem ser influenciados diretamente no momento da colheita, dentro da mesma cultivar para locais diferentes de cultivo, além dos fatores climáticos.

Resultados observados no estudo apontam a necessidade de cuidados com o manejo de adubação para a cultura, pois, a adubação nitrogenada é importante para o desenvolvimento da cultura do lúpulo, no entanto, valores elevados no período de floração, observados no estudo, fornecem um excesso de nitrogênio para a planta. Com níveis elevados de nitrato nos cones

Conforme dados da literatura, as plantas de lúpulo atingem maturidade fisiológica no terceiro ano produtivo, apresentando alta produtividade, no entanto, em resultados observados neste estudo para o município de Palmeira, as plantas de segundo ano se mostraram produtivas quanto as de terceiro ano.

O mercado cervejeiro, encontra-se localizado na região Serrana, como a Ambev, maior empresa do seguimento no Brasil, e as cervejarias artesanais que estão localizadas na região e de modo geral em Santa Catarina e região sul do Brasil. Nesse sentido, a procura por lúpulo fresco, e da safra, confere ao setor maior

qualidade e maior garantia de rentabilidade ao produtor. Visto, com base nos resultados obtido, que o período de armazenamento interfere na qualidade do lúpulo, pela oxidação das glândulas de lupulina. Assim, a produção de lúpulo na região Serrana além de beneficiar o produtor rural com renda extra na propriedade, fornece ao setor cervejeiro matéria prima da mesma safra com melhor qualidade de aroma e características químicas.

REFERÊNCIAS

ASBC - AMERICAN SOCIETY OF BREWING CHEMISTS. METHODS OF ANALYSIS. Hops. The Society, St. Paul, MN, 2012.

ACOSTA-RANGEL, A.; RECHCIGL, J.; BOLLIN, S. DENG, Z.; AGEHARA, S. Hop (*Humulus lupulus* L.) phenology, growth, and yield under subtropical climatic conditions: Effects of cultivars and crop management. ***Australian Journal of Crop Science***. V.15, pg. 764-772. 2021. doi:10.21475/ajcs.21.15.05.p3192

ALBA, J. M. F. et al. Zoneamento edafoclimático de culturas agrícolas no município de Gravataí, RS – Pelotas: Embrapa Clima Temperado, ISSN 1516-8840; 507. 2021

ALMAGUER, C.; GASTL, M.; ARENDT, E. K.; BECKER, T. Comparative study of the contribution of hop (*Humulus lupulus* L.) hard resins extracted from different hop varieties to beer quality parameters. ***Journal of the American Society of Brewing Chemists***. V. 73, n. 2, p. 115-123, 2015.

ALVES, L.M.F. Análise físico-química de cervejas tipo pilsen comercializada em Campina Grande na Paraíba. 2017. 90f. Monografia (Química Industrial) - Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, PB, 2014.

APROLÚPULO – Associação Brasileira de Produtores de Lúpulo. Santa Catarina. Regiões Produtoras. 2021. Disponível em: <http://aprolupulo.com.br/#regiões>. Acesso em: 20 ago. 2021.

AQUINO, A. M.; TEIXEIRA, A. J.; ASSIS, R. L. (Org.). Referencial Técnico de Atratividade Agropecuária – Lúpulo. Nova Friburgo, RJ: Embrapa, 2019. 70p

BARTH-HAAS. The BARTH-HAAS report, hops 2019/2020. Nuremberg: Joh. Barth & Sohn GmbH & Co KG, 2019. 32p. Disponível em: Acesso em: 24 abr. 2021.

BERGAMASCHI, Homero. Fotoperiodismo. 2009. Disponível em: <https://wp.ufpel.edu.br/agrometeorologia/files/2014/08/fotoperiodismo.pdf>. Acesso em: 21 non. 2021.

BEVERLEY, A.J.; The effect of timing of stripping on hop production under south african conditions. 2015. 82 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomy, University Of Stellenbosch, Stellenbosch, 2015.

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

BRIGHENTI, R. W. Green Belly - A cerveja com lúpulos Catarinenses. Lohn Bier, ago. 2020. Disponível em: <https://www.lohn Bier.com.br/blog/green-belly-a-cerveja-com-lupulos-catarinenses>. Acesso em: 10 ago. 2021.

CASAROTTO, F. N.; KOPITTKKE, B. H. Análise de investimentos: matemática financeira, engenharia econômica, tomada de decisão, estratégia empresarial. São Paulo: Atlas, 2010.

CARDOSO, C.O.; ULLMANN, M.N.; EBERHARDT, E.L. Balanço hídrico agroclimático para Lages, SC. Revista de Ciências Agroveterinárias, Lages, v. 2, n. 2, p. 118-130, 2003.

CARVALHO, V. P, de. Zoneamento agroclimático da cultura de lúpulo para o estado do Rio de Janeiro: uma aplicação da lógica Fuzzy. (Dissertação). Niterói, RJ. 2018. 116pg.

CERVBRASIL. Associação Brasileira da Indústria da Cerveja. **Anuário 2020**. Disponível em: <http://www.cervbrasil.org.br/paginas/index.php>. Acesso em: 01 dez 2021.

COMEX SAT – Ministério da Economia - Portal do comércio exterior do Brasil, 2021. Exportação e Importação geral. Disponível em: Acesso em: 4 dez. 2021.

DAGOSTIM, M. D. Crescimento do lúpulo (*Humulus lupulus* L.) em função da adubação nitrogenada e da aplicação de ácido giberélico foliar. 67 f. Dissertação (Ciência do Solo) – Udesc, Lages. 2019.

DODDS, K. Hops, a guide for new growers. The State of New South Wales: NSW Department of Primary industries, 2017. 52p.

DONNER P, et al. Influence of weather conditions, irrigation and plant age on yield and alpha-acids content of Czech hop (*Humulus lupulus* L.) cultivars. **Plant, Soil and Environment** 1:41-46. 2020.

DURELLO, R. da S.; SILVA, L. M; BOGUSZ JUNIOR, S. Química do Lúpulo. **Química Nova**, São Paulo, v. 42, n. 8, p. 900-919, 2019. DOI: 10.21577/0100-4042.20170412.

EPAGRI, CIRAM. Disponível em: <https://ciram.epagri.sc.gov.br/>. Acesso em: 25 maio 2021.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Solos do Estado de Santa Catarina. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2004. 745p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 46).

FAGHERAZZI, M. M. Adaptabilidade de cultivares de lúpulo na região do Planalto Sul Catarinense. 116p Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Lages, SC, 2020.

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

FERREIRA, D. F. Sisvar versão 5.8. Lavras: DEX/Ufla, v.79, 2018.

GALINATO, S. P.; TOZER, P. R. Estimated Cost of Establishing and Producing Hops in the Pacific Northwest. **Washington State University, Extension**, v. 2014, n. Hga 2014, p. 1–9, 2015.

GONSAGA, R. F. Desenvolvimento de híbridos de lúpulo adaptados às condições tropicais. (Tese – doutorado) Unesp, Jaboticabal, SP. 2021 113 p.

GUIMARÃES, B. P. Avaliação do lúpulo (*Humulus lupulus* L.) cultivado no Distrito Federal para uso cervejeiro. (Dissertação). Brasília, DF. 2021. 99 p.

GUIMARÃES, B. P. WERNEBURG, R. B. GHESTI, E. G. F. Prospecção Tecnológica do Lúpulo (*Humulus lupulus* L.) e suas Aplicações com Ênfase no Mercado Cervejeiro Brasileiro. **Cadernos de Prospecção**. Salvador, v. 14, n. 3, p. 858-872, set, 2021 DOI: <http://dx.doi/10.9771/cp.v14i3.33059>

HALEY, E. et al. A Multicomponent UV Analysis of α - and β -Acids in Hops. **Journal of Chemical Education**. 2012, 89, 117–120

HEALEY, J. The Hops List: 265 Beer Hop Varieties From Around the World. 1 ed. 2016. 550 p

HOPSTEINER (2021). Disponível em: <https://www%2Chopsteiner%2Ccom/variety-data-sheets/Bullion/>. Acesso em: 27 abr. 2021.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Pesquisa Industrial Anual – Produto. [2020]. Disponível em: sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pia-produtos/quadros/brasil/2018. Acesso em: 20 ago. 2021.

IHGC – INTERNATIONAL HOP GROWERS' CONVENTION. (França). Economic Commission: Summary Reports. Paris: International Hop Growers' Convention, 2018. 55p. Disponível em: <http://www.hmelj-giz.si/ihgcdoc/2018%20MAY%20IHGC%20EC%20Reports.pdf>. Acesso em: 29 nov. 2021.

IHGC - ECONOMIC COMMISSION SUMMARY REPORTS. 2021. Disponível em: <https://www.usahops.org>. Acesso em: 18 dez. 2021.

ISKRA, E. A. et al. Influência das práticas de fertilidade do nitrogênio no cone de lúpulo Quality. **Journal of the American Society of Brewing Chemists**, 2019. 77:3, 199-209, DOI: [10.1080/03610470.2019.1616276](https://doi.org/10.1080/03610470.2019.1616276)

JANISH, Sconth. A nova Ipa: um guia científico sobre aromas e sabor do lúpulo. 1 ed. Porto Alegre, RS. Editora: Krater, 2021.

KRAMER, B. et al. Antimicrobial activity of hop extracts against food bornepathogens for meat applications. **Journal of applied microbiology**. v. 118, n. 3, p. 648-657, 2015.

KREBS, C. Hops: A viable alternative crop for the Central/Southern Plains? *Crops and Soils*. 52(4):4-6. 2019. Doi: 10.2134/cs2019.52.0405

KOMAR, A. P. Produção de lúpulo no Brasil, é realidade. *Clube do Malte*. abr. 2021.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Anuário da cerveja: 2020. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/SDA, 2020.

MEIER, U. Growth stages on mono and dicotyledonous plants – BBCH Monograph. **Federal Biological Research Centre for Agriculture and Forestry**. Bonn, Germany. 2001.

NAGEL, J. et al. Analysis of Hop Glandular Trichomes Identifies an O Methyltransferase That Catalyzes the Biosynthesis of Xanthohumol. **The Plant Cell**. Vol. 20, 186–2008.

NEVE, R.A. Hops. Chapman and Hall, London, UK. 1191. 266p

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

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2017.

RAUT, S. et al. Influence of pre-drying storage time on essential oil components in dried hops (*Humulus lupulus* L.). *J Sci Food Agric* 101:2247-2255. (2021).

RETTBERG, N.; BIENDL, M.; GARBE, L. Hop Aroma and Hoppy Beer Flavor: Chemical Backgrounds and Analytical Tools - A Review. **Journal of the American Society of Brewing Chemists**. v. 76, n. 1, p. 1-20, 2018.

REIS, J. Estudo dos aromas e sabores proporcionados pelo lúpulo nas cervejas especiais. Uberlândia, MG. 2019.

RIBEIRO de O., M., V. Crescimento do lúpulo influenciado por calagem e fornecimento de fósforo. Lages, 2016.

RODRIGUES, M.A.; MORAIS, J. S.; CASTRO, J. P. M. Jornada de lúpulo e cerveja: novas oportunidades de negócios. Bragança. 2015.

RUFATO, Leo.; FAGHERAZZI, Mariana. Mendes. (Org.). **Aspectos técnicos da cultura do lúpulo: série plantas úteis**. Lages: Udesc, 2019. 72 p.

RUTH, P. Evaluation of the properties of finnish hops 2018. Degree program in horticulture Lepaa p 99.

SANTOS, F. C. Variabilidade fenotípica de alfa ácido de lúpulo (*Humulus lupulus* L) cultivados nas regiões do Brasil. (Dissertação). Udesc, Lages, SC. 2020.

SAWAYA, A. L. et al. Paixão Nacional. **Revista FAPESP**, São Paulo, ano 18, n. 251. 2017.

SILVA, C. T. D. Caracterizações químicas dos primeiros cultivares de lúpulo (*Humulus lupulus* L.) produzidos no Brasil. 2019. Dissertação (Mestrado em Agroquímica) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Exatas, Naturais e de Saúde, Alegre, 2019.

SPÓSITO, M. B; ISMAEL, R. V.; BARBOSA, C. M. A.; TAGLIAFERRO, A. L. **A cultura do lúpulo**. Piracicaba, SP: Esalq - Divisão de Biblioteca, 81 p. 2019.

USAHOPS. Disponível em: <https://www.usahops.org>. Acesso em: junho, 2021.

VAREJÃO, M. A. Meteorologia e Climatologia. 2^o. ed. Brasília: INMET, 2007. v.1. 515p.

VASCONCELOS, Y. Inovações cervejeiras. **Revista Fapesp**, n. 251, p. 18-25, 2017. Disponível em: <http://revistapesquisa.fapesp.br/2017/01/09/inovacoes-cervejeiras/> Acesso em: 20 de jan de 2020.

WOODSKE, D. Hop Variety Handbook: Learn More About Hops.Create Better Beer. CreateSpace Independent Publishing Platform, 2012.

APÊNDICE

Apêndice 1. Média das características vegetativas: altura de planta (AP), índice de cones (IC), nº de cones por planta (NCP), comprimento médio de cones (CC), massa fresca da planta (MFP), massa média dos cones (MC), massa fresca de cones (MFC), massa seca de cones (MSC), produtividade de cones (PROD.).

Cultivar	AP	IC	NCP	CC	MFP	MC	MFC	MSC	PROD.*
	m	cone cm ⁻¹	-	cm	g	g	g planta ⁻¹	g planta ⁻¹	Kg ha ⁻¹
Lages-SC									
Columbus	4,21 b	0,79 a	2015,97 a	2,37 b	1271,50 b	0,36 c	725,75 a	87,23 a	209,35 a
Mapuche	4,62 a	0,57 b	1242,92 c	2,73 a	785,63 c	0,49 a	609,03 c	71,94 c	172,58 c
Cascade	4,51 a	0,70 a	1734,37 b	2,43 b	1272,75 b	0,40 b	693,75 b	83,50 b	200,40 b
Chinook	4,16 b	0,61 b	1984,51 a	2,34 b	1429,13 a	0,37 c	734,27 a	88,25 a	211,82 a
C.V %	7,8	11,5	14,4	2,7	7,7	2,9	4,8	4,3	7,5
Média geral	4,38	0,67	1.744,44	2,47	1.189,75	0,41	690,70	82,73	198,52
Palmeira-SC - Plantas de terceiro ano									
Columbus	4,39 b	0,41 ns	1.479,00 b	3,02 b	2.680,00 b	0,41 ns	606,25 c	73,00 b	217,50 b
Cascade	5,19 a	0,49 ns	2.203,00 a	3,26 a	2.302,50 b	0,43 ns	952,50 a	113,70 a	340,88 a
Chinook	3,85 b	0,48 ns	1.471,25 b	3,36 a	3.341,25 a	0,43 ns	668,00 b	80,25 b	238,75 b
C.V %	6,8	12,6	13,5	3,8	6,9	4,6	3,7	5,7	5,9
Média geral	4,47	0,46	1.717,75	3,21	2.774,58	0,42	742,25	88,98	265,71

Cultivar	AP	IC	NCP	CC	MFP	MC	MFC	MSC	PROD.*
	m	cone cm ⁻¹	-	cm	g	g	g planta ⁻¹	g planta ⁻¹	Kg ha ⁻¹
Palmeira-SC - Plantas de segundo ano									
Columbus	3,97 b	0,47 a	1.810,75 b	3,29 b	2.298,25 b	0,44 c	802,00 b	96,00 b	287,75 b
Cascade	5,45 a	033 b	2.033,25 a	3,37 a	2.376,25 b	0,49 a	1.007,50 a	121,25 a	363,25 a
Chinook	4,32 b	0,31 c	2.518,50 a	3,38 a	2.653,25 a	0,46 b	880,08 b	105,60 a	316,50 a
C.V %	11,1	1,8	13,6	1,0	4,4	1,7	5,1	8,0	8,0
Média geral	4,58	0,37	2.120,83	3,35	2.445,58	0,46	896,52	107,61	322,50

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (< 0,05). ns: não significativo (p> 0,05).

*Produtividade em Lages-SC com base em 2.400 plantas por ha.

*Produtividade em Palmeira-SC com base em 3.000 plantas por ha.

Apêndice 2. Média das características qualitativas: alfa ácidos (%), beta ácidos (%) e óleos essenciais.

Cultivar	Alfa ácidos	Beta ácidos	Óleos essenciais
	%	%	-
Lages-SC			
Columbus	1,47 b	3,60 c	0,86 c
Mapuche	1,91 a	5,07 a	1,03 a
Cascade	1,10 c	4,15 b	0,94 b
Chinook	1,65 b	4,97 a	0,84 c
C.V %	5,9	4,3	5,4
Média geral	1,53	4,45	0,92
Palmeira-SC - Plantas de terceiro ano			
Columbus	2,40 b	1,82 b	0,98 a
Cascade	2,81 a	2,89 a	0,99 a
Chinook	1,48 c	2,78 a	0,91 b
C.V %	5,0	3,2	2,8
Média geral	2,23	2,50	0,96
Palmeira-SC - Plantas de segundo ano			
Columbus	2,17 b	3,02 a	0,84 b
Cascade	2,43 a	2,54 c	0,85 b
Chinook	1,55 c	2,74 b	0,89 a
C.V %	1,0	1,0	3,1
Média geral	2,05	2,77	0,86

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (< 0,05). ns: não significativo (p> 0,05).

Apêndice 3. Média das características quantitativas e qualitativas do terço superior, médio e inferior da planta de lúpulo: índice de cones (IC), comprimento médio de cones (CC), massa média dos cones (MC), alfa ácidos (%), beta ácidos (%), óleos essenciais. Para o município de Palmeira-SC, safra 2020/21.

Cultivar	IC	CC	MC	AA	BA	OE
Plantas de terceiro ano						
Superior	0,35 b	3,46 a	0,52 a	1,81 a	3,07 a	0,97 a
Médio	0,45 a	3,16 b	0,49 a	1,60 a	2,93 a	0,84 b
Inferior	0,32 b	3,0 b	0,40 b	1,45 b	2,43 b	0,79 b
C.V %	5,4	1,8	3,2	5,3	6,2	4,4
Média geral	0,37	3,20	0,47	1,62	2,81	0,87
Plantas de segundo ano						
Superior	0,43 a	3,56 a	0,57 a	1,95 a	2,82 a	0,95 a
Médio	0,37 a	3,54 a	0,52 b	1,59 b	2,69 b	0,84 b
Inferior	0,30 b	2,95 b	0,38 c	1,38 c	2,59 b	0,78 b
C.V %	5,8	2,4	2,4	1,7	4,4	4,0
Média geral	0,37	3,35	0,49	1,64	2,70	0,86

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (< 0,05). ns: não significativo (p> 0,05).