

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
RIO GRANDE DO SUL – IFRS
CAMPUS BENTO GONÇALVES

ALEXANDRE LUIZ DEGANI ESTOLANO

**Cultivar Isabel como matéria-prima para
destilados: o resgate de um patrimônio vitivinícola e
uma estratégia de agregação de valor para
vitivinicultores da Serra Gaúcha**

BENTO GONÇALVES
2025

ALEXANDRE LUIZ DEGANI ESTOLANO
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM VITICULTURA E ENOLOGIA

Cultivar Isabel como matéria-prima para destilados: o resgate de um patrimônio vitivinícola e uma estratégia de agregação de valor para vitivinicultores da Serra Gaúcha

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Colegiado do Curso Superior de Tecnologia em Viticultura e Enologia do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, campus Bento Gonçalves, como requisito parcial à aprovação na disciplina de Estágio Supervisionado.

Orientador: Prof. Dr. Evandro Ficagna
Co-orientador: TAE Dr. Bruno Cisilotto

BENTO GONÇALVES
2025

Anverso da folha de rosto: Ficha catalográfica

Folha de Aprovação

Para Elo, Sempre!

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Prof. Dr. Evandro Ficagna, os meus mais sinceros agradecimentos pelas aulas e pela orientação deste trabalho.

Ao meu co-orientador, professor e amigo, Dr. Bruno Cisilotto pela orientação da pesquisa que deu origem a este TCC, mas principalmente pela amizade.

À Profa. Giselle Ribeiro de Souza pelas aulas e pela gentileza de participar da banca de avaliação

Ao professor e coordenador do curso superior de tecnologia em viticultura e enologia, Prof. Dr. Luciano Manfrói pelas aulas e por seu cuidado e atenção para com todos os alunos do curso.

Ao professor e diretor do campus Bento Gonçalves do Instituto Federal de Educação Tecnológica do Rio Grande do Sul, Prof. Dr. Rodrigo Otávio Câmara Monteiro.

Aos professores Dr. Leonardo Cury e Dr. Marcus Almança pelas aulas, carinho e amizade ao longo do curso.

A todos os professores do Curso Superior de Tecnologia em Viticultura e Enologia, pela dedicação à difícil arte de ensinar.

Ao Rodrigo Otávio Gabizo, brilhante aluno e profissional, pelo companheirismo, trabalhos em conjunto e especialmente pela amizade ao longo desses anos e pelos próximos que virão.

A todos os alunos do Curso Superior de Tecnologia em Viticultura e Enologia cujo convívio não termina ao fim do curso, mas continua em nossa profissão.

Aos meus pais que não viveram para ver o filho fazendo mais uma loucura, por tudo.

Ao meu filho, por existir.

À Eloísa Estolano, pela paciência budista em me aturar durante o curso e na vida.

To measure is to know. If you cannot measure it, you cannot Improve it.

Lord Kelvin

RESUMO

O presente estudo explora o potencial enológico da cv. Isabel, uma variedade híbrida entre *Vitis labrusca* e *Vitis vinífera*, para a elaboração de destilados de qualidade, propondo uma alternativa para a diversificação da cadeia produtiva vitivinícola da Serra Gaúcha. Esta variedade, historicamente associada ao patrimônio cultural e econômico da região, tem sido direcionada à produção de vinhos de mesa e sucos, categorizados como produtos de menor valor agregado no mercado brasileiro. A pesquisa fundamentou-se em um protocolo de destilação fracionada em duplo estágio, utilizando alambique de cobre, metodologia internacionalmente consagrada na produção de destilados nobres. Os resultados demonstraram eficácia no fracionamento e separação seletiva de compostos voláteis, evidenciada pela redução superior a 90% na concentração de Acetato de Etila e aproximadamente 60% de Acetaldeído na fração coração, em comparação com as frações cabeça e cauda. A caracterização físico-química do destilado final revelou conformidade com todos os parâmetros estabelecidos pela legislação brasileira para aguardentes vínicas, incluindo graduação alcoólica, acidez volátil, teor de metanol e concentração de congêneres. A análise sensorial descritiva, realizada por painel de especialistas, identificou um perfil organoléptico complexo e equilibrado, caracterizado por notas frutadas, florais e adocicadas com reduzida percepção de atributos indesejáveis frequentemente associados a destilados de baixa qualidade. Adicionalmente, a avaliação de aceitação demonstrou elevado índice de aprovação entre consumidores potenciais, sugerindo viabilidade mercadológica. Os resultados obtidos evidenciam não apenas a viabilidade técnica da produção de destilados a partir da uva Isabel, mas também apontam para uma oportunidade de agregação de valor e diversificação do portfólio de produtos vitivinícolas da Serra Gaúcha, contribuindo para a sustentabilidade econômica dos produtores locais e para a valorização de uma matéria-prima tradicionalmente subutilizada em termos de potencial enológico.

Palavras-chave: Aguardente Vínica, Análise sensorial, Patrimônio vitivinícola.

ABSTRACT

This study explores the oenological potential of Isabel grape, a hybrid of *Vitis labrusca* and *Vitis vinifera* species, for the production of quality distillates, offering an alternative for diversifying the wine production chain in Serra Gaúcha, Brazil. This variety, historically linked to the region's cultural and economic heritage, has traditionally been allocated to table wine and juice production, categorized as lower value-added products in the Brazilian market. The research was based on a double-stage fractional distillation protocol using a copper pot still, a methodology internationally acclaimed in the production of premium spirits. Results demonstrated remarkable efficacy in the fractionation and selective separation of volatile compounds, evidenced by a reduction exceeding 90% in Ethyl Acetate concentration and approximately 60% in Acetaldehyde within the heart fraction, compared to the head and tail fractions. Physicochemical characterization of the final distillate revealed compliance with all parameters established by Brazilian legislation for wine spirits, including alcoholic content, volatile acidity, methanol content, and congener concentration. Descriptive sensory analysis, conducted by an expert's panel, identified a complex and balanced organoleptic profile characterized by fruity, floral, and sweet notes with reduced perception of undesirable attributes frequently associated with low-quality distillates. Additionally, consumer acceptance evaluation demonstrated high approval ratings among potential consumers, suggesting market viability. The findings not only demonstrate the technical feasibility of producing distillates from Isabel grapes but also point to an opportunity for adding value and diversifying the wine product portfolio of Serra Gaúcha, contributing to the economic sustainability of local producers and enhancing the value of a raw material traditionally underutilized in terms of oenological potential.

Keywords: Wine Spirit, Sensory Analysis, Wine Heritage.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Alambique do IFRS-BG	35
Figura 2: Equipamento FOSS WineScan	37
Figura 3: Alcoômetro Gay-Lussac	38
Figura 4: Cromatógrafo Gasoso Shimadzu GC-2010 e Injetor AOC-20i	39
Figura 5: Processo de destilação e separação das frações	44
Figura 6: Frações Cabeça, Coração e Cauda identificadas em litros de etanol	45
Figura 7: Total de Acetaldeído em cada fração em mg/100mL e.p.	46
Figura 8: Total de Furfural em cada fração. ND = Não Detectado	47
Figura 9: Total de Acetato de Etila em cada fração	47
Figura 10: Total de 2-Butanol em cada fração	48
Figura 11: Total de 1-Propanol em cada fração	48
Figura 12: Total de 1-Butanol em cada fração	49
Figura 13: Total de 2-Metil-1-Propanol em cada fração	49
Figura 14: Totais de 3-Metil-1-Butanol +2-Metil-1-Butanol em cada fração	50
Figura 15: Total de Metanol em cada fração	51
Figura 16: Soma de coeficientes dos Congêneres em cada fração	53
Figuras 17 e 18: Gráfico radar; Análises descritivas quantitativas	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Evolução das vendas (em milhares de litros) no Brasil: 2018-2022	24
Tabela 2 – Análise SWOT para viabilidade de destilado de Isabel	28

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ADQ – Análise Sensorial Descritiva Quantitativa

CG-MS – Cromatografia Gasosa com espectrometria de massa

CLAE - cromatografia líquida de alta eficiência

c.v. – Cultivar

CVE – Colégio de Viticultura e Enologia (Denominação anterior do IFRS-BG)

DAD – Diod Array Detector (Detector de Arranjo de Diodos)

e.p. – Etanol Puro

FID – Fire Ionization Detector (Detector de Ionização em Chama)

ISO – International Standardization Organization

LDA – Linear Discriminant Analysis (Análise Discriminante Linear)

MAPA – Ministério da Agricultura e Produção Agropecuária

Meq/L – Miliequivalentes por Litro

NIR – Near Infrared (Infravermelho Próximo)

NPA – Nitrogênio Prontamente Assimilável

OIV – Organização da Uva e do Vinho

PCA – Principal Component Analysis (Análise de Componentes Principais)

PROPPI – Pró-Reitoria de Pesquisa e Inovação do IFRS

SPME – Solid Phase Microextraction (Microextração em Fase Sólida)

RMN - Ressonância Magnética Nuclear

SWOT – Strength, Weaknesses, Opportunities and Threats (Forças, Fraquezas, Oportunidades e Ameaças)

UV – Vis – Ultravioleta visível

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	16
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
2.1 História da imigração italiana e sua influência na vitivinicultura	18
2.2 Características da uva Isabel e seu uso na vinificação	19
2.3 Processos de destilação de vinhos	21
2.4 O mercado de Destilados no Brasil	24
2.5 Criação de Valor	25
2.6 Desafios para o lançamento de destilados vínicos da cv. Isabel	26
2.7 Métodos analíticos em enologia e destilados	28
3. MATERIAIS E MÉTODOS	31
3.1 Caracterização da matéria-prima (uva Isabel)	31
3.2 Processamento para vinificação	32
3.3 Vinificação	32
3.4 Processo de destilação	34
3.5 Análises Físico-Químicas do Vinho-base e do Destilado	36
3.5.1 Análises do vinho-base	37
3.5.2 Monitoramento de teor alcoólico e análise de compostos voláteis	38
3.6 Análise Sensorial	40
3.6.1 Parâmetros Avaliados	41
3.7 Tratamento e Apresentação dos dados	42
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
4.1 Frações da Destilação	44
4.2 Compostos Voláteis presentes no destilado	45
4.2.1 Acetaldeído	46
4.2.2 Furfural	46
4.2.3 Acetato de Etila	47
4.2.4 Álcoois Superiores	48
4.2.5 Metanol	50
4.2.6 Soma dos Congêneres	53
4.3 Análise Sensorial – Olfativa e Gustativa	53

5. CONCLUSÃO	56
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	
REFERÊNCIAS	59
ANEXO 1	65

1. INTRODUÇÃO

A vitivinicultura brasileira, especialmente aquela praticada na região Sul do país, tem suas raízes profundamente entrelaçadas com a história da imigração italiana. A chegada dos imigrantes na Serra Gaúcha completa seu sesquicentenário neste ano de 2025. Este marco de 150 anos representa muito mais que um simples movimento populacional entre países: simboliza a transferência de um rico patrimônio cultural, conhecimentos técnicos e tradições que fundamentalmente moldaram a identidade vitivinícola da região que recebeu novos moradores. Os imigrantes italianos trouxeram consigo não apenas suas videiras e técnicas de cultivo, mas toda uma cultura do vinho que se adaptou e evoluiu no território brasileiro (DUARTE *et al.*, 2011).

Neste contexto histórico a uva Isabel, uma variedade híbrida entre *Vitis labrusca* e *Vitis vinífera*, emergiu como um elemento central desta adaptação cultural e agrícola. A boa capacidade de adequação desta variedade às condições edafoclimáticas locais, resistência a doenças e produtividade consistente a transformaram em um símbolo da viticultura colonial. Tradicionalmente empregada na elaboração de vinhos de mesa e sucos, esta variedade representa não apenas um cultivo agrícola, mas um elo entre a história da imigração e o desenvolvimento da vitivinicultura regional.

A questão central que norteia este estudo emerge da necessidade de diversificação do setor vitivinícola: como podemos expandir o aproveitamento da uva Isabel além de seus usos tradicionais, particularmente na produção de destilados de qualidade?

Para responder a esta questão, o estudo estabelece como objetivo principal o desenvolvimento e caracterização de um destilado vínico elaborado a partir da uva cv. Isabel que atenda às normas vigentes para a produção deste tipo de bebida no país (BRASIL, 2024). Este objetivo se desdobra em análises específicas que incluem a avaliação do potencial da uva Isabel como matéria-prima para destilados, a caracterização do produto através de análises físico-químicas e a análise sensorial do produto final.

A relevância deste estudo se manifesta em múltiplas dimensões. Do ponto de vista econômico, pode representar potencial nova fonte de renda para os produtores desta variedade, especialmente para a agricultura familiar que caracteriza grande

parte da produção vitivinícola da região Sul. A diversificação de produtos pode contribuir significativamente para a sustentabilidade econômica destas propriedades, reduzindo sua vulnerabilidade às flutuações de mercado dos produtos tradicionais. Sob a perspectiva técnico-científica, o estudo preenche uma lacuna na literatura sobre o comportamento da uva Isabel em processos de destilação, área ainda pouco explorada no contexto brasileiro. Ademais, o trabalho possui relevância histórico-cultural ao estabelecer uma ponte entre a tradição vitivinícola dos imigrantes italianos e a inovação em produtos. Em um momento em que o mercado de bebidas destiladas premium apresenta crescimento expressivo globalmente, ao contrario dos destilados mais genéricos e populares, o desenvolvimento de produtos diferenciados com forte apelo regional e histórico, pode representar uma oportunidade para o setor vitivinícola do Sul do Brasil.

Este estudo, portanto, não apenas busca desenvolver um novo produto, mas também contribuir para a preservação e evolução de uma tradição sesquicentenária, adaptando-a às demandas e oportunidades do mercado contemporâneo, honrando o legado dos imigrantes italianos e explorando novas possibilidades para a vitivinicultura brasileira.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 História da imigração italiana e sua influência na vitivinicultura

A história da vitivinicultura no Brasil comumente relacionada à vinda dos italianos para o Brasil, historicamente precede a imigração italiana. Segundo Valduga (2007), os portugueses são responsáveis pelos primeiros registros de cultivo de videiras datam de 1532, quando Martim Afonso de Souza trouxe as primeiras videiras para São Vicente, primeira cidade e ser fundada no atual estado de São Paulo. No Rio Grande do Sul, os jesuítas passaram a cultivar uvas nas Missões no século XVII, e os açorianos mantiveram pequenas vinhas na região de Porto Alegre no século XVIII.

A grande imigração italiana para o Brasil ocorreu no final do século XIX, entre 1875 e 1914, impulsionada por diversos fatores na Itália: crise econômica, excesso populacional, dificuldades na agricultura e processo de unificação do país. Do lado brasileiro, a necessidade de mão de obra após a Lei Áurea e a política de ocupação territorial foram fatores determinantes. Os destinos principais foram São Paulo e Rio Grande do Sul, mas com características distintas. Em São Paulo, os imigrantes foram direcionados principalmente para as fazendas de café como mão de obra assalariada. Já no Rio Grande do Sul, especialmente na região serrana, receberam pequenos lotes de terra, em média 25 hectares, para desenvolver agricultura familiar, em um processo de colonização organizado pelo governo do Império (DE BONI; COSTA, 1979).

Na região que viria a ser conhecida como Serra Gaúcha, os imigrantes encontraram condições desafiadoras: terreno montanhoso, mata fechada e clima úmido. Para Falcade (2011), ainda apesar das dificuldades, os imigrantes trouxeram consigo sua cultura vitícola, tentando inicialmente plantar as variedades que conheciam na Itália, principalmente cultivares de *Vitis vinífera*.

Estas primeiras tentativas com variedades viníferas europeias enfrentaram sérios problemas. O clima úmido favorecia doenças fúngicas, e o solo ácido dificultava o desenvolvimento das plantas. Além disso, segundo Valduga (2007), a falta de recursos e conhecimentos sobre o novo ambiente tornava o cultivo ainda mais desafiador.

Foi neste contexto que a uva Isabel ganhou protagonismo. De acordo com Ritschel (2015), este cultivar chegou ao Brasil na primeira metade do século XIX, no estado de São Paulo, trazida pelo inglês John Rudge, na Fazenda Morumbi, e no Rio

Grande do Sul, na Ilha dos Marinheiros, pelo americano Thomas Maister e disseminou-se pela colônia de imigrantes alemã por volta de 1840, especialmente a que ocupava as bases da Serra Gaúcha, margeando os Rios do Sino e Caí, por suas características de adaptação à vegetação rasteira que ocupava os campos depois das retiradas das florestas nativas, e por sua resistência a doenças fúngicas.

As constantes trocas comerciais entre os recém chegados Italianos e os mais adaptados Alemães, levaram os Italianos a tomar contato com a variedade Isabel, que era plantada pelos alemães em suas propriedades como um complemento às culturas de batata e tabaco (FALCADE, 2011). Rapidamente os italianos passaram a cultivar mudas de Isabel e a produzir o vinho que não conseguiram com as mudas de *Vitis vinífera* trazidas da Itália (DE MAJO; MORETTO, 2021).

A predominância da Isabel acabou definindo o perfil da produção vinícola colonial. Embora inicialmente houvesse certa resistência por parte dos imigrantes, acostumados com os vinhos de *Vitis vinífera*, as doenças que inviabilizavam sua produção aliada à praticidade e confiabilidade da produção com a Isabel superaram as preferências tradicionais (DAL PIZZOL; DE SOUZA, 2014). Esta escolha teve impacto duradouro na vitivinicultura da região. Mesmo com a posterior introdução de tecnologias que permitiram o cultivo bem-sucedido de variedades viníferas, a Isabel manteve sua importância, especialmente na produção de vinhos de mesa e sucos (TONIETTO; MELLO, 2001).

2.2 Características da uva Isabel e seu uso na vinificação

Os relatos históricos relacionados sobre as origens da uva Isabel, também conhecida nos Estados Unidos como Isabella, apontam como suas origens o cruzamento espontâneo entre espécies *Vitis labrusca* e *Vitis vinífera*, acontecido na região leste dos Estados Unidos, possivelmente na Carolina do Sul. Alguns estudos apontam que foi nomeada em homenagem a Isabella Gibbs, proprietária de um viveiro, no início do século XIX (ROBINSON; HARDING, 2015). Mais recentemente, Maul *et al.* (2025) afirmam que por meio de análise de DNA microssatélite, foi possível chegar-se à conclusão de que a origem da Isabel é o cruzamento de uma *Vitis labrusca* indeterminada e a cv. Petit Meslier (*Vitis vinífera*)

A cv. Isabel chegou à Europa em meados do século XIX, num período crítico para a viticultura europeia que enfrentava graves problemas com doenças fúngicas,

especialmente o oídio (*Uncinula necator*). A resistência natural da Isabel a estas doenças tornou-a uma alternativa para alguns viticultores europeus daquela época (GIOVANNINI, 1999).

Na Itália, particularmente nas regiões norte e central, a Isabel foi inicialmente cultivada como uma das respostas à crise do oídio de 1840. Entretanto, segundo Tello *et al.* (2019), sua história na Europa seria relativamente curta devido à posterior proibição de seu cultivo para vinificação, resultado das regulamentações vinícolas europeias que privilegiavam as variedades *Vitis vinifera*. Lamentável e ironicamente, a utilização da Isabel e de outras variedades híbridas importadas nos Estados Unidos foi a causadora da crise da filoxera (*Daktulosphaira vitifoliae*), alguns anos depois, na Europa.

Para Dal Pizzol e Pastor (2016), a escolha da Isabel como variedade prioritária pelos imigrantes italianos se baseou em diversos fatores:

1. Resistência a doenças fúngicas, fundamental em um clima úmido como o do sul do Brasil
2. Adaptabilidade a diferentes tipos de solo, incluindo os mais ácidos
3. Alta produtividade e vigor
4. Baixa exigência em tratamentos culturais
5. Dupla finalidade, pois é indicada para processamento e consumo in natura

Esta adaptabilidade excepcional fez com que a Isabel se tornasse a base da vitivinicultura colonial no Sul do Brasil, posição que mantém até hoje em muitas regiões. Atualmente, representa uma das principais variedades em área plantada e volume de produção para elaboração de sucos e vinhos de mesa no Brasil (MELLO; MACHADO, 2017).

2.3 Processos de destilação de vinhos

A destilação de vinhos representa uma arte milenar que combina tradição e ciência na produção de bebidas nobres como *Brandy*, e as que atingiram o *status* de Denominação de Origem, como *Cognac* e *Armagnac*. O processo de destilação, descrito por Léauté (1990), é fundamentado nos princípios físico-químicos de diferentes pontos de ebulição. Em substâncias puras, o etanol apresenta ponto de ebulição de 78,3 °C e a água de 100 °C ao nível do mar, permitindo, teoricamente, a separação completa por aquecimento. No entanto, segundo Bordiga (2017), a mistura etanol-água forma um azeótropo que impede a separação completa por destilação

simples, sendo a composição azeotrópica de aproximadamente 95,6 % de etanol em peso. A fração molar de cada componente, conforme descrito pela Lei de Raoult¹, determina a pressão parcial de cada substância na mistura, sendo a pressão de vapor total proporcional à soma das pressões parciais ponderadas pelas respectivas frações molares. A Lei de Raoult afirma que a pressão de vapor de um solvente em uma solução é proporcional à sua fração molar, sendo reduzida pela presença de solutos não voláteis. Na enologia, esse princípio ajuda a explicar, por exemplo, a diminuição da volatilidade do etanol e da água em soluções com alta concentração de açúcares ou compostos fenólicos, como ocorre durante a fermentação ou no envelhecimento oxidativo. Isso influencia tanto a evaporação relativa dos componentes voláteis quanto o perfil aromático do vinho, especialmente em vinhos doces ou fortificados, onde a concentração de solutos altera a dinâmica de evaporação. De acordo com Ribéreau-Gayon et al. (2021), a pressão parcial dos compostos voláteis durante a fermentação é importante para a liberação de aromas e sua retenção no vinho final.

A qualidade do destilado vínico está intrinsecamente ligada à qualidade do vinho base utilizado. A elaboração deste vinho requer cuidados específicos que diferem da vinificação tradicional para vinhos de consumo direto. O processo deve privilegiar a produção de um vinho com perfil aromático limpo, sem defeitos, que serão amplificados durante a destilação. A fermentação deve ser conduzida de forma a minimizar a produção de congêneres indesejáveis, como acetaldeído e metanol (GARCÍA-LLOBODANIN *et al.*, 2007).

Para obter um vinho base adequado à destilação, alguns parâmetros são fundamentais: a vindima deve ser realizada com uvas em estado sanitário perfeito, evitando contaminações que possam gerar compostos sulfurados ou acéticos; a fermentação deve ocorrer em temperaturas controladas, preferencialmente entre 18-22 °C, para minimizar a produção de álcoois superiores; o uso de sulfitos deve ser de mínimo a nulo, para reduzir a formação e o acúmulo de acetaldeído; e o vinho deve ser preservado com sua borra fina, que contribuirá para o desenvolvimento de aromas durante o processo de destilação (GUYMON, 1974).

A acidez volátil do vinho base merece atenção especial, devendo ser mantida em níveis muito baixos, preferencialmente abaixo de 0,6 g/L em ácido acético. Níveis elevados de acidez volátil não apenas comprometem a qualidade organoléptica do

¹ François-Marie Raoult, químico francês nascido em 1830 e falecido em 1901.

destilado, mas também podem dificultar o processo de destilação e a correta separação das frações.

Os sistemas de destilação podem ser classificados em dois tipos principais: o sistema descontínuo, representado pelo tradicional alambique, e o sistema contínuo, utilizando colunas de destilação. Cada sistema possui suas particularidades e influencia diretamente o perfil do produto final. O alambique, tradicionalmente construído em cobre, permite maior controle sobre o processo e melhor separação das frações, sendo o método preferido para produção de destilados premium. Existem diversos modelos, sendo os mais famosos os do tipo , utilizados para a produção de *Cognac*. Já as colunas de destilação oferecem maior eficiência produtiva e padronização, sendo mais utilizadas em produções em larga escala (ZANGHELINI *et al.*, 2024).

De acordo com Apostolopoulou *et al.* (2005), o processo de destilação em alambique segue uma sequência criteriosa de separação de frações. A primeira fração, denominada "cabeça", representa aproximadamente 1-2 % do volume total e concentra compostos altamente voláteis como metanol, acetaldeído e ésteres leves. Esta fração é separada e descartada por razões de segurança e qualidade. A fração "coração", que corresponde a 30-35 % do volume, constitui a parte nobre do destilado, concentrando o etanol e compostos aromáticos desejáveis. A última fração, conhecida como "cauda", contém compostos menos voláteis, incluindo ácidos graxos e furfural, sendo geralmente descartada ou redestilada.

O papel do cobre nos equipamentos de destilação vai além da simples resistência à corrosão e condução de calor. Este metal atua como catalisador em reações que eliminam compostos organosulfurados indesejáveis como etanotiol (etil mercaptano), dimetilsulfureto (metiltiometano), e dissulfeto de dimetilo (metilditiometano), entre outros, contribuindo significativamente para a qualidade do produto final. A formação de sulfato de cobre durante o processo remove compostos sulfurados voláteis, resultando em um destilado mais limpo e aromático (BUGLASS *et al.*, 2011).

O controle da temperatura durante a destilação é fundamental para a qualidade do produto final. Temperaturas muito elevadas podem promover a formação de compostos indesejáveis, enquanto temperaturas muito baixas podem resultar em destilação incompleta ou ineficiente. A velocidade de destilação também influencia

diretamente a qualidade do produto, sendo que destilações mais lentas tendem a produzir destilados mais finos e aromáticos (RODRÍGUEZ-BENCOMO *et al.*, 2016).

A presença de borras finas durante a destilação, embora tradicionalmente utilizada em algumas regiões produtoras, deve ser cuidadosamente avaliada. Se por um lado pode contribuir para a complexidade aromática do destilado, por outro pode gerar compostos indesejáveis se não for adequadamente controlada. Para Garcia-Llobodanin *et al.* (2007), a qualidade e quantidade dessas borras devem ser criteriosamente avaliadas para cada tipo de produto desejado.

O monitoramento constante do processo de destilação é fundamental para garantir a qualidade do produto final. Além do controle de temperatura, a graduação alcoólica das diferentes frações deve ser acompanhada cuidadosamente. Na produção de destilados vínico de qualidade, o "coração" geralmente é coletado quando a graduação alcoólica do destilado está entre 70-72 % v/v no início e 60-62 % v/v no final, embora estes valores possam variar dependendo do estilo de produto desejado e das práticas regionais (LÉAUTÉ, 1990).

A composição química do destilado é complexa e inclui, além do etanol e água, diversos compostos secundários que influenciam diretamente seu perfil sensorial. Entre estes, destacam-se os ésteres (responsáveis por notas frutadas), aldeídos (notas herbáceas e frutadas), álcoois superiores (contribuem para complexidade aromática), ácidos graxos (podem conferir notas rançosas em excesso) e compostos fenólicos, principalmente após o envelhecimento em madeira, segundo Canas (2017).

A qualidade da água utilizada na hidratação do destilado para atingir o teor alcoólico comercial também merece atenção especial. Água com excesso de sais minerais ou contaminantes pode comprometer a qualidade do produto final, especialmente por causar turbidez a alguns destilados, dependendo da sua temperatura (BORDIGA, 2017)

O reaproveitamento das frações "cabeça" e "cauda" através de redestilação é uma prática comum em algumas destilarias, mas deve ser realizado com critério. A redestilação pode contribuir para maior rendimento do processo, mas deve-se evitar o acúmulo excessivo de compostos indesejáveis que podem comprometer a qualidade do produto final (CORTÉS *et al.*, 2005).

2.4 O mercado de Destilados no Brasil

Para citar o mercado de destilados no Brasil é necessário que se faça uma análise do mercado de bebidas alcoólicas no país. Segundo o IBGE (2023), a evolução das vendas das principais categorias de bebidas (Aguardentes e outras bebidas alcoólicas, Vinhos e Cervejas/Chopes) atingiu em 2022 quase 15 bilhões de litros, conforme mostra a Tabela 1.

CLASSE CNAE	2018	2019	2020	2021	2022
Fabricação de aguardentes e outras bebidas destiladas	1.103.480	1.072.802	1.087.898	1.084.634	1.064.026
Fabricação de vinho	567.048	667.452	693.036	690.957	677.829
Fabricação de cervejas e chopes ¹	11.832.207	13.220.538	13.484.817	13.444.363	13.188.920
Total	13.502.735	14.960.792	15.265.751	15.219.954	14.930.775

Tabela 1 – Evolução das vendas (em milhares de litros) no Brasil: 2018-2022
 Fonte: IBGE (2023)

O mercado brasileiro de bebidas destiladas apresenta uma estrutura complexa e diversificada, sendo majoritariamente dominado pela cachaça, produto considerado genuinamente nacional. Segundo dados da Associação Brasileira de Bebidas (ABRABE), o Brasil produz aproximadamente 800 milhões de litros de cachaça anualmente, consolidando-se como o destilado mais consumido no país. Outros destilados como whisky, vodca, e em menor escala, conhaque e grappa², apresentam participação significativamente menor no mercado nacional.

O mercado de destilados no Brasil apresenta um potencial significativo de crescimento. Atualmente, os destilados representam apenas 12 % do faturamento total de bebidas alcoólicas no país. Em comparação, na Alemanha e no Chile, essa participação é de 20 % e 21 %, respectivamente. Se o Brasil alcançar uma participação semelhante à do Chile, o mercado de destilados poderia atingir um potencial superior a R\$ 40 bilhões, segundo a SA+Varejo (2024).

²A Lei 7678/88 define que o produto pode ter as grafias Grappa. Grasp ou bagaceira. Grappa, é a forma correta em italiano para designar o destilado tradicional feito a partir do bagaço da uva, protegida por Indicação Geográfica (IG) pela UE desde 13 de fevereiro de 2008, conforme o Regulamento (CE) nº 110/2008 (UNIÃO EUROPEIA, 2018)

2.5 Criação de Valor

A criação de valor em produtos para qualquer empreendimento envolve o desenvolvimento e a incorporação de atributos que maximizam os benefícios percebidos pelo consumidor, diferenciando-os da concorrência. Esse processo pode ser alcançado por meio de inovação em design e tecnologia, customização para atender demandas específicas, eficiência produtiva que reduz custos sem comprometer a qualidade e estratégias de marketing ou branding que fortalecem a percepção do produto no mercado. Para PORTER (1985), a criação de valor não se restringe apenas ao aspecto econômico, mas também engloba dimensões simbólicas, emocionais e funcionais, tornando-se um fator determinante na decisão de compra dos consumidores. Para que esse valor seja percebido e capturado, as empresas precisam compreender o comportamento do consumidor, adotando uma abordagem centrada no cliente e utilizando ferramentas de análise de mercado e experiência do usuário. Assim, a capacidade da organização de alinhar suas ofertas às expectativas do mercado não apenas melhora sua competitividade, mas também fortalece o relacionamento com os clientes, promovendo lealdade e diferenciação no setor em que atua.

Em um sistema de produção, a criação de valor ocorre sempre que mudanças resultam em benefícios econômicos mensuráveis, seja por meio do aumento da eficiência, da redução de custos ou da melhoria da qualidade do produto final. Esse processo pode envolver inovações tecnológicas, otimização de processos produtivos, aprimoramento da gestão da cadeia de suprimentos ou diferenciação de produtos para atender melhor às demandas do mercado (KAPLINSKY:MORRIS, 2001).

A criação de valor em produtos como destilados víquicos envolve um conjunto de estratégias que aumentam sua percepção de qualidade, exclusividade e diferenciação no mercado. Esse valor pode ser gerado por meio da seleção criteriosa da matéria-prima, do controle rigoroso do processo de destilação e do processo de envelhecimento, que conferem complexidade sensorial e sofisticação ao produto (JACKSON, 2014). Além disso, fatores como a origem geográfica, a tradição produtiva e o uso de certificações de qualidade, como as indicações geográficas protegidas (IGPs) ou Denominações de Origem (D.O.), desempenham um papel fundamental na valorização do destilado. A construção de uma identidade de marca forte, associada

a *storytelling*³ e experiências sensoriais únicas, também contribui para a diferenciação no mercado *premium*. Assim, a criação de valor em destilados vînicos não depende apenas da qualidade intrínseca do produto, mas também de sua narrativa, autenticidade e capacidade de gerar uma experiência memorável para o consumidor, o que faz sentido para um destilado que além de atender a todos os critérios legais de qualidade, também representa a história e cultura da Serra Gaúcha (LAROCCA, 2020).

2.6 Desafios para o lançamento de destilados vînicos da cv. Isabel

A produção de destilados com a uva Isabel enfrenta vários desafios técnicos e mercadológicos. Primeiramente, o baixo teor de açúcar da uva Isabel, frequentemente insuficiente para atingir níveis alcoólicos adequados, exige correções no mosto, e a elevada acidez natural da uva pode dificultar o equilíbrio sensorial do destilado, exigindo ajustes adicionais durante o processo produtivo. Outro obstáculo é o preconceito histórico contra uvas americanas, como a Isabel, que são tradicionalmente associadas a vinhos de mesa e sucos, limitando sua aceitação como base para bebidas mais sofisticadas (RIZZON: MIELE, 2005). Por fim, há uma lacuna no mercado em relação à exploração comercial de destilados dessa variedade, o que reflete tanto os desafios técnicos quanto a falta de iniciativas voltadas para agregar valor ao produto. No passado algumas iniciativas pontuais exploraram seu potencial para destilados, como a produção de grappa utilizando bagaço de uvas Isabel.

Diante do crescente mercado de destilados no Brasil, produtores de uva Isabel têm uma oportunidade promissora para diversificar e agregar valor à sua produção. Ao investir na elaboração de destilados vînicos, é possível atender a uma demanda crescente por bebidas diferenciadas, aproveitando a tradição e as características sensoriais associadas à uva Isabel.

O lançamento de destilados vînicos elaborados a partir da cultivar Isabel enfrenta diversos desafios técnicos e mercadológicos que impactam sua aceitação e viabilidade comercial. Do ponto de vista enológico, a composição química da Isabel,

³ *Storytelling*, em administração e marketing, é a prática de comunicar histórias envolventes sobre um produto ou serviço. No contexto da enologia, é a prática de construir e comunicar narrativas envolventes sobre o vinho, sua origem, terroir, pessoas e tradição, com o objetivo de criar valor emocional e cultural para o consumidor. Esse recurso transforma o vinho em uma experiência simbólica, indo além de suas características sensoriais. Para Jenster (2008), "o vinho é mais do que um produto: é uma história a ser contada".

caracterizada por altos teores de compostos voláteis como os ésteres e os álcoois superiores, influencia diretamente o perfil sensorial do destilado, exigindo um controle rigoroso na destilação para equilibrar seus aromas e evitar a presença excessiva de metanol, um subproduto comum em uvas da espécie *Vitis labrusca* (FENOCCHIO:MENDES,1975). Além disso, a percepção do consumidor sobre a Isabel ainda está amplamente associada à produção de vinhos de mesa (WURZ, 2018), o que demanda estratégias de marketing eficazes para reposicionar a variedade no segmento de destilados premium. Dessa forma, o sucesso comercial desses produtos dependerá da implementação de boas práticas de destilação, do desenvolvimento de identidade sensorial distinta e da construção de um mercado-alvo receptivo a novos perfis de destilados vînicos.

A análise SWOT é uma ferramenta estratégica utilizada para avaliar os fatores internos (forças e fraquezas) e fatores externos (oportunidades e ameaças) que influenciam a viabilidade de um projeto ou negócio (PUYT *et al.*, 2023). Sua aplicação permite identificar vantagens competitivas, desafios e riscos, auxiliando na formulação de estratégias mais eficazes. No contexto do lançamento de um destilado vînico da cultivar Isabel, a análise SWOT é particularmente útil para compreender as potencialidades do produto, como sua disponibilidade e perfil aromático diferenciado, ao mesmo tempo em que permite antecipar desafios, como a necessidade de controle rigoroso do metanol e o reposicionamento da imagem da Isabel no mercado premium. Além disso, essa abordagem facilita a tomada de decisão baseada em dados estruturados, orientando desde o desenvolvimento técnico do destilado até as estratégias de marketing e posicionamento comercial, maximizando as chances de sucesso no mercado.

A elabora o de destilados vînicos a partir da cultivar Isabel apresenta uma série de forças, fraquezas, oportunidades e ameaças que influenciam sua viabilidade técnica e comercial. A Tabela 2 apresenta a distribui o do quadro SWOT elaborado. Entre as forças, destaca-se a alta disponibilidade da Isabel no Brasil, reduzindo custos de m teria-prima e tornando o processo economicamente atrativo. Além disso, seus elevados teores de compostos aromáticos podem conferir complexidade sensorial ao destilado quando o processo de destila o   bem conduzido (RIZZON; MIELE, 2005). No entanto, entre as fraquezas, a presença de altos teores de metanol e outros álcoois superiores representa um desafio, exigindo rigoroso controle no fracionamento das destila es para atender às normas sanitárias. Além disso, a percep o da Isabel

como uma uva associada a vinhos de mesa populares pode dificultar sua aceitação no mercado premium de destilados.

Dentre as oportunidades, observa-se um crescente interesse por destilados diferenciados e de origem nacional, o que pode ser explorado por meio de estratégias de marketing que enfatizem a autenticidade e a inovação do produto. O envelhecimento em barris específicos e a experimentação com cortes e técnicas de maturação também podem agregar valor e aumentar a aceitação do consumidor. Por outro lado, as ameaças incluem barreiras regulatórias rígidas para destilados vínicos, particularmente no que diz respeito ao controle de metanol, além da necessidade de educar o mercado sobre as qualidades sensoriais e o potencial da Isabel na produção de destilados. Assim, o sucesso desse empreendimento dependerá da combinação entre excelência técnica, estratégias eficazes de posicionamento de mercado e conformidade com as normas de segurança alimentar.

Fatores	Descrição
Forças (Strengths)	Alta disponibilidade da cultivar Isabel no Brasil, reduzindo custos de matéria-prima. Elevado teor de compostos aromáticos, proporcionando complexidade sensorial quando bem destilado (RIZZON; MIELE, 2005).
Fraquezas (Weaknesses)	Alto teor de metanol e álcoois superiores, exigindo rigoroso controle na destilação. Percepção da Isabel como uva para vinhos de mesa, dificultando posicionamento no mercado premium (RIZZON <i>et al.</i> , 2005).
Oportunidades (Opportunities)	Crescente interesse por destilados diferenciados e de origem nacional. Possibilidade de agregar valor por meio do envelhecimento em barris e técnicas de maturação. Exploração de estratégias de marketing para destacar autenticidade e inovação (WURZ, 2018)
Ameaças (Threats)	Barreiras regulatórias rigorosas, especialmente quanto ao controle de metanol. (BRASIL, 2024). Necessidade de educar o consumidor sobre o potencial da Isabel para destilados. Concorrência com destilados tradicionais já estabelecidos no mercado.

Tabela 2 – Análise SWOT para viabilidade de destilado de Isabel

Fonte: Autor

2.7 Métodos analíticos em enologia e destilados

A análise química e sensorial de vinhos destinados à destilação e seus destilados resultantes é fundamental para garantir a qualidade e segurança do produto final, bem como para otimizar os processos de produção. Os métodos analíticos empregados variam desde técnicas clássicas até instrumentação avançada, permitindo uma caracterização completa dos compostos presentes nas diferentes etapas do processo (RIBÉREAU-GAYON *et al.*, 2006).

Para os vinhos base destinados à destilação, as análises fundamentais incluem a determinação do teor alcoólico, acidez total e volátil, pH, e dióxido de enxofre livre e total. O teor alcoólico é tradicionalmente determinado por destilação seguida de densimetria, embora métodos mais modernos como espectroscopia no infravermelho próximo (NIR) venham ganhando espaço por sua rapidez e precisão (COZZOLINO *et al.*, 2011). A acidez total, expressa em ácido tartárico, é determinada por titulação potenciométrica até pH 7,0, enquanto a acidez volátil, expressa em ácido acético, é quantificada após destilação por arraste de vapor seguida de titulação (OIV, 2021).

O monitoramento dos compostos nitrogenados é particularmente importante nos vinhos base, pois estes podem influenciar significativamente a formação de compostos aromáticos durante a destilação. O nitrogênio prontamente assimilável (NPA) é geralmente determinado pelo método formal de titulação ou por espectrofotometria UV-Vis, enquanto aminoácidos específicos podem ser quantificados por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) com detector de fluorescência (JACKSON, 2014).

A análise de compostos voláteis no vinho base, especialmente álcoois superiores e ésteres, é realizada principalmente por cromatografia gasosa (CG) acoplada a diferentes detectores. A técnica de microextração em fase sólida (SPME) combinada com CG-MS (espectrometria de massas) tem se mostrado particularmente útil para a caracterização do perfil aromático, permitindo a identificação e quantificação de compostos em concentrações traço (JACKSON, 2014).

No caso dos destilados vínicos, o conjunto de análises se expande para incluir parâmetros específicos regulamentados por legislações nacionais e internacionais. O teor alcoólico é determinado por densimetria eletrônica ou destilação seguida de alcoometria, devendo estar dentro dos limites estabelecidos para cada categoria de produto (LEAUTÉ, 1990). A acidez total e o extrato seco são parâmetros importantes que influenciam as características sensoriais e são determinados por métodos titulométricos e gravimétricos, respectivamente.

A quantificação de compostos voláteis minoritários em destilados é muito importante para avaliar sua qualidade e autenticidade. O metanol, álcoois superiores, acetaldeído e acetato de etila são normalmente analisados por CG com detector de ionização em chama (FID). A determinação destes compostos é particularmente importante devido aos seus impactos sensoriais e possíveis efeitos toxicológicos, especialmente no caso do metanol (ALCARDE *et al.*, 2009).

Para destilados envelhecidos em madeira, análises específicas são necessárias para caracterizar os compostos extraídos durante a maturação. Compostos fenólicos totais são frequentemente determinados pelo método de Folin-Ciocalteu, enquanto compostos fenólicos individuais, como ácido gálico, vanilina e siringaldeído, são quantificados por CLAE com detector de arranjo de diodos (DAD) ou espectrometria de massas (CANAS *et al.*, 2019).

Técnicas analíticas mais recentes, como a ressonância magnética nuclear (RMN), têm sido aplicadas para estudar a autenticidade e origem geográfica de destilados vînicos. A análise metabolômica por RMN permite a identificação de marcadores químicos específicos que podem ser utilizados para verificar a autenticidade do produto e detectar possíveis adulterações (TABAGO *et al.*, 2021).

A análise sensorial complementa as análises químicas e é realizada por painéis treinados seguindo protocolos específicos. A avaliação inclui aspectos visuais, olfativos e gustativos, com destaque para a identificação de defeitos e características típicas de cada produto. Métodos de análise sensorial descritiva quantitativa (ADQ) são frequentemente empregados para caracterizar o perfil sensorial dos destilados (STONE *et al.*, 2020).

O controle de qualidade moderno tem incorporado também técnicas de análise multivariada de dados para correlacionar resultados analíticos com características sensoriais e parâmetros de processo. Técnicas como análise de componentes principais (PCA) e análise discriminante linear (LDA) são utilizadas para identificar padrões e estabelecer correlações entre diferentes variáveis analíticas (ARDUINI; CHINNICI, 2024).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Este capítulo apresenta os materiais e métodos utilizados na condução deste estudo, descrevendo os procedimentos técnicos, equipamentos e protocolos analíticos empregados para avaliar as características físico-químicas e sensoriais dos destilados estudados. A metodologia foi desenvolvida visando garantir a precisão e reprodutibilidade dos resultados, seguindo as práticas estabelecidas pela literatura científica da área de enologia. São apresentados os processos de amostragem, as análises laboratoriais realizadas e o tratamento dos dados obtidos.

Este trabalho tem como base a pesquisa realizada ao longo do ano de 2024 sob auspícios do projeto “Vinho, cultura e biodiversidade: valorização enológica das variedades de uva Peverella/Boschera e Isabel com a utilização de madeiras autóctones brasileiras” – código IFRS: PVB2337-2024, na área de conhecimento Tecnologia das Bebidas, Grupo de Pesquisa CVE, vinculado ao Edital PROPI nº 03/2023 - Projeto de Pesquisa, Pós-graduação e Inovação, sob a coordenação do Dr. Bruno Cisilotto, e que tem como um dos objetivos a elaboração de destilado vínico e avaliação do impacto da utilização de madeiras autóctones brasileiras no envelhecimento dos vinhos e destilado elaborados no projeto.

3.1 Caracterização da matéria-prima (cv. Isabel)

A cv. Isabel é uma das principais variedades de uvas americanas cultivadas no Brasil, tendo sido introduzida no país em 1839. Esta casta se destaca por sua rusticidade, alta produtividade e forte resistência a doenças fúngicas, características que facilitam seu cultivo em diferentes regiões vitícolas. Do ponto de vista enológico, a Isabel apresenta teor de açúcares que varia entre 14 ° e 19 ° Brix, acidez total entre 60 e 80 miliequivalentes por litro (meq/L) e pH médio entre 3,2 e 3,4, características que a tornam adequada para vinificação e posterior destilação (RIZZON *et al.*, 2000).

Uma característica marcante da uva Isabel é a presença significativa de antranilato de metila, aminoacetophenone e furaneona, compostos responsáveis pelo aroma normalmente chamado "foxado", que lembra aromas de morango e framboesa, e que é típico das labruscas (DUTRA *et al.*, 2018), que se transfere para o vinho base e pode contribuir com notas aromáticas características no destilado final. Os vinhos

elaborados com esta variedade geralmente apresentam graduação alcoólica entre 10° e 12°% v/v, teores adequados de acidez volátil e fixa, além de compostos fenólicos em concentrações moderadas, características que influenciam positivamente o processo de destilação e a qualidade do destilado vínico (RIZZON; MENEGUZZO, 2001).

Pesquisa conduzida por Rizzon *et al.* (2000) sugere que a uva Isabel possui boa adaptação para a produção de vinhos básicos destinados à destilação, principalmente devido à sua regularidade produtiva e ao adequado acúmulo de açúcares. Para Venturini Filho (2021), os destilados vínicos produzidos a partir de uvas americanas, como a Isabel, podem apresentar perfil sensorial diferenciado e interessante complexidade aromática, embora distinto daqueles elaborados com *Vitis vinifera*.

O estudo utilizou uvas da Cv. Isabel de vinhedo localizado na Estação Experimental do IFRS-BG, localizada no distrito de Tuiuty, Bento Gonçalves, na região da Serra Gaúcha. A colheita foi realizada manualmente durante a safra, em janeiro de 2024, quando as uvas atingiram aproximadamente 19° Brix, verificados por testes em refratômetro. Após a colheita, as uvas foram transportadas em caixas plásticas de 20 kg até a cantina da Vinícola-Escola do IFRS-BG, onde foram processadas.

3.2 Vinificação

A vinificação seguiu um protocolo adaptado de Rizzon e Meneguzzo (2001) para vinhos tintos elaborados a partir de uvas americanas. No entanto, foram realizadas algumas modificações para otimizar o vinho base destinado à destilação subsequente, garantindo a obtenção de um produto com características adequadas para esse fim.

Inicialmente, as uvas foram submetidas ao desengace e a um leve esmagamento em uma desengaçadeira mecânica. Esse procedimento permitiu a separação dos engaços, reduzindo a presença de compostos indesejáveis provenientes da parte lenhosa dos cachos, além de liberar o suco da polpa, essencial para o início da fermentação. O mosto apresentava 19 °Brix, acidez total (expressa em ácido tartárico) de 7,9 g/L e pH de 3,09. É importante destacar que, ao longo de todo o processo, não foi adicionado dióxido de enxofre (SO₂), buscando preservar a

autenticidade da fermentação e evitar possíveis interações do SO₂ com os compostos voláteis formados posteriormente na destilação.

O mosto obtido foi imediatamente transferido para tanques de fermentação de aço inoxidável com capacidade de 350 litros, garantindo um ambiente inerte e controlado, sem riscos de contaminação microbiológica indesejada. A fermentação alcoólica foi conduzida por leveduras selecionadas da espécie *Saccharomyces cerevisiae*, especificamente a cepa Blastosel Delta (IOC Perdomini, Itália). A inoculação das leveduras ocorreu logo após o desengace, em uma concentração de 20 g/hL, visando assegurar uma rápida dominância da microbiota desejada e minimizar a ação de leveduras indígenas que pudessem interferir na previsibilidade do processo fermentativo, especialmente considerando-se a não adição de SO₂ durante o processo de vinificação.

Para melhorar a extração do mosto e auxiliar na degradação das pectinas presentes nas cascas das uvas, foi adicionada uma dose de 3 mL/hL da enzima pectolítica Bioteczyme L (Biotecsul, Brasil). Essa enzima atua promovendo a desestabilização da matriz pectina-celulose, facilitando a liberação dos compostos solúveis e melhorando a fluidez do mosto.

No segundo dia do processo fermentativo, foi realizada a descuba, ou seja, a separação das cascas do mosto fermentativo. Esse procedimento teve como principal objetivo reduzir ao máximo o contato das cascas com o líquido, uma vez que essas estruturas são fontes de precursores de metanol, um composto que pode se formar a partir da degradação enzimática das pectinas durante a fermentação, e sua remoção antecipada contribui para limitar a presença de metanol no destilado final, melhorando a qualidade sensorial e mantendo a aderência do produto à legislação específica.

Para garantir um adequado suprimento de nitrogênio às leveduras e evitar paradas fermentativas (RIBEREAU-GAYON *et al.*, 2021), foi realizada a adição de 50 g/hL de fosfato de amônio (Thiazote PH, Laffort, França), um nutriente essencial para a multiplicação e metabolismo das leveduras. A dose total foi fracionada em três aplicações, distribuídas em dias consecutivos a partir do segundo dia de fermentação, estratégia que contribui para uma absorção gradual e eficiente do nutriente.

A fermentação alcoólica ocorreu sob controle de temperatura, mantendo-se na faixa de 18 a 20°C. Essa faixa térmica foi escolhida para equilibrar a taxa de fermentação e a produção de compostos voláteis de interesse, favorecendo uma cinética fermentativa eficiente privilegiando a qualidade aromática do vinho base

(RIBEREAU-GAYON *et al.*, 2021). O processo fermentativo teve duração de aproximadamente 10 dias, sendo monitorado por análises diárias de densidade para acompanhar a conversão dos açúcares em etanol. O término da fermentação foi determinado quando a densidade atingiu valores próximos a 0,995 g/mL, indicando o consumo total dos açúcares fermentescíveis.

Após a conclusão da fermentação alcoólica, o vinho foi separado das borras por meio de uma trasfega. As borras, sedimentos de células mortas de levedura e outras partículas deixadas após a fermentação, podem impactar significativamente a destilação de vinhos. Se por um lado a destilação com as borras presentes pode contribuir para um perfil de sabor mais rico e complexo na bebida final, por outro lado, filtrar as borras antes da destilação pode resultar em um destilado mais limpo e leve (FAITH, 2004). Desta forma, foi adotado o procedimento para remover os sedimentos formados durante o processo fermentativo, prevenindo possíveis impactos negativos na qualidade do destilado. Com o vinho base devidamente clarificado, ele foi encaminhado para a etapa de destilação.

3.3 Processo de destilação

O processo utilizado para a destilação do vinho base seguiu método proposto por Léauté (1990) e foi realizada em duplicata utilizando um alambique de cobre tradicional do tipo , localizado na Vinícola-escola do IFRS-BG, possuindo capacidade total de 180 litros e aquecimento por vapor, originado por caldeiras alimentadas por diesel combustível (Figura 1). O método adotado seguiu o tradicional processo de dupla destilação, um procedimento consagrado na produção de bebidas como o *Cognac* e outros destilados vínicos refinados (Waterhouse, 2024).



Figura 1: Alambique do IFRS-BG

Fonte: AUTOR

Cada etapa de destilação foi conduzida processando aproximadamente 150 litros de vinho base, garantindo uma operação contínua e eficiente dentro de parâmetros previamente definidos por Léauté (1990), tais como: taxa de aquecimento controlada (em torno de $2\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$), descarte das frações iniciais com base na temperatura do destilado (entre $74\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $78\text{ }^{\circ}\text{C}$) e coleta do *brouillis* até atingir cerca de 30% de álcool (v/v) no destilado acumulado. Esta primeira destilação teve como principal objetivo a concentração do teor alcoólico do vinho e a remoção de compostos voláteis indesejáveis presentes na matriz original, como metanol, acetaldeído, acetato de etila e outros ésteres leves que podem conferir aromas agressivos ou desagradáveis ao destilado final (FAITH, 2004).

Durante essa etapa, foi realizada a separação de uma fração inicial (as chamadas “cabeças”), composta pelos primeiros 2% a 3% do volume destilado. Essa fração foi descartada por conter os compostos mais voláteis e tóxicos, como metanol e aldeídos de baixo peso molecular (RIBEREAU-GAYON *et al.*, 2021). A separação foi realizada com base no monitoramento do aroma do destilado, observando-se o ponto em que o perfil olfativo se tornava mais limpo e alcoólico, indicando o início da extração do coração. Esse controle sensorial, aliado aos parâmetros técnicos, assegurou uma primeira destilação segura, com perfil sensorial adequado para a segunda etapa do processo. A segunda destilação foi realizada utilizando o *brouillis*

como matéria-prima, refinando ainda mais a composição do destilado. Esse processo é importante para a obtenção de um produto final de alta qualidade, pois permite a separação seletiva das frações voláteis com diferentes características sensoriais e químicas. Durante essa destilação fracionada, três frações principais foram identificadas e separadas, utilizando o protocolo proposto por Léauté (1990):

- Cabeça: Composta pelos compostos mais voláteis e de menor ponto de ebulição, incluindo aldeídos e álcoois superiores que podem conferir aromas indesejáveis ao destilado.

- Coração: Fração intermediária, considerada a parte nobre do destilado, rica em etanol e compostos aromáticos desejáveis, responsáveis pelo perfil sensorial equilibrado e refinado da bebida.

- Cauda: Constituída por compostos menos voláteis e de maior ponto de ebulição, como ácidos graxos e álcoois fúseis, que podem prejudicar a qualidade sensorial se incorporados em excesso.

3.4 Análises Físico-Químicas do Vinho-base e do Destilado

Foram realizadas análises físico-químicas, tanto do vinho base, quanto do destilado produzido por meio de parceria informal entre o IFRS-BG e a Vinícola Salton S.A.

As análises relativas ao vinho-base foram realizadas utilizando o equipamento *WineScan*, da marca FOSS Group (Inglaterra), um espectrômetro de infravermelho próximo (NIR, Near Infrared Spectroscopy, conforme a figura 2.

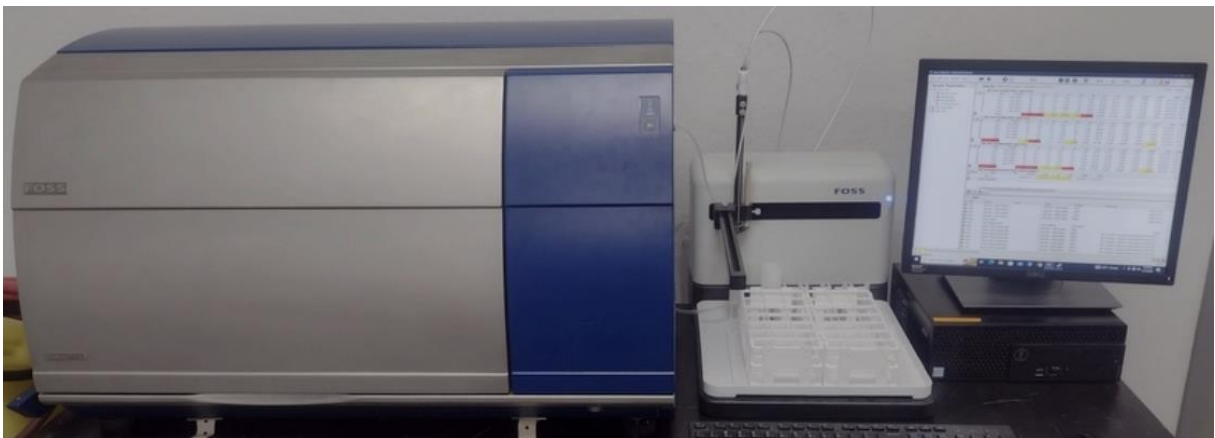


Figura 2: Equipamento FOSS WineScan

Fonte: Autor

Esse equipamento permite a caracterização detalhada da composição química do vinho por meio da absorção da radiação infravermelha pelas moléculas presentes na amostra. A interação da radiação com os compostos do vinho gera um espectro característico, que é posteriormente processado por modelos matemáticos calibrados para identificar e quantificar os componentes do vinho de forma rápida e precisa.

Por meio do *WineScan*, foram analisados os seguintes parâmetros enológicos essenciais para a caracterização do vinho base:

- pH – Indicador do equilíbrio ácido-básico do vinho, influenciando sua estabilidade e perfil sensorial.
- Acidez total – Refere-se à soma dos ácidos orgânicos presentes, contribuindo para o frescor e equilíbrio gustativo.
- Densidade relativa – Relação entre a densidade do vinho e a da água, utilizada para monitoramento da fermentação e caracterização do produto final.
- Teor alcoólico (% v/v) – Quantificação do etanol presente no vinho, influenciando sua estrutura e percepção sensorial.
- Açúcar residual – Determinação dos açúcares remanescentes após a fermentação, fundamental para classificação e estilo do vinho.
- Acidez volátil – Indicador da presença de ácidos voláteis, principalmente ácido acético, que pode afetar a qualidade sensorial.
- Concentração de dióxido de carbono (CO₂) – Importante para a percepção de frescor e textura no vinho.

Após a vinificação, o produto resultante da destilação do vinho base foi submetido a um controle rigoroso do grau alcoólico ao longo do processo de destilação. A determinação do teor de álcool foi realizada por densimetria, utilizando um alcoômetro Gay-Lussac (Figura 3), calibrado a 20°C, garantindo a precisão das medições.



Figura 3: Alcoômetro Gay-Lussac

Fonte: Autor

Além do monitoramento do teor alcoólico, foram realizadas análises detalhadas dos compostos voláteis presentes nas frações destiladas, com o objetivo de avaliar a composição química do destilado e sua adequação às normas de qualidade. A quantificação dos compostos voláteis foi realizada por cromatografia gasosa (GC) acoplada a um detector de ionização de chama (FID), utilizando o equipamento GC-2010 (Shimadzu, Japão), com injetor automático AOC-20i, apresentados na Figura 4. As análises foram conduzidas com uma coluna capilar SH-Stabilwax (Crossbond® polyethylene glycol, 60 m × 0,32 mm diâmetro interno × 0,5 µm espessura de filme). O gás de arraste utilizado foi hélio (He), com uma vazão constante de 1,0 mL·min⁻¹. O FID operou com hidrogênio (40 mL·min⁻¹), ar sintético (400 mL·min⁻¹) e fluxo de gás de maquiagem (make-up) com hélio (30 mL·min⁻¹).

As amostras foram injetadas no modo split, com razão de split de 1:20 e volume de injeção de 1,0 µL. A temperatura do injetor foi mantida a 250 °C, e a do detector a 260 °C. O programa de temperatura do forno iniciou-se em 40 °C (mantido por 5 minutos), com aquecimento de 5 °C·min⁻¹ até 220 °C, permanecendo neste patamar por 10 minutos, totalizando um tempo de corrida de 52 minutos. A separação cromatográfica permitiu a quantificação eficiente dos compostos voláteis de interesse, com identificação realizada por comparação dos tempos de retenção com padrões analíticos certificados.



Figura 4: Cromatógrafo Gasoso Shimadzu GC-2010 e Injetor automático AOC-20i
Fonte: <https://www.shimadzu.com.br/analitica/produtos/>

O método de análise seguiu os protocolos estabelecidos pela Organização Internacional da Vinha e do Vinho (OIV, 2016), assegurando a confiabilidade e comparabilidade dos resultados.

O teor de metanol foi quantificado no vinho base, e diferentes congêneres foram analisados nas frações do destilado, abrangendo distintas classes de compostos, conforme descrito a seguir:

- Aldeídos: Foram quantificados o acetaldeído e o furfural, compostos que podem influenciar a percepção sensorial do destilado e indicar a presença de reações oxidativas.
- Ésteres: Foi analisado o acetato de etila, um dos principais responsáveis pelos aromas frutados e florais em destilados vînicos.
- Álcoois superiores: Foram quantificados os compostos 1-propanol, 2-metil-1-propanol, 1-butanol e a soma de 3-metil-1-butanol + 2-metil-1-butanol, que desempenham um papel relevante na estrutura e complexidade aromática do destilado.
- Álcoois: Foram analisados os teores de metanol e 2-butanol, compostos que podem impactar a qualidade e segurança do destilado.

As concentrações dos compostos voláteis foram expressas em mg/100 mL de etanol puro (e.p.). A conversão das concentrações para essa unidade foi realizada utilizando a seguinte equação:

$$C(\text{e.p.}) = \frac{C(\text{amostra}) \times 10}{\% \text{Etanol}}$$

onde:

- C (e.p.) = concentração do composto expressa em mg/100 mL de etanol puro,
- C (amostra) = concentração do composto na amostra (mg/L),
- % Etanol = teor alcoólico da amostra (% v/v).

Essa conversão é importante para a padronização dos dados, permitindo comparações diretas entre diferentes destilados e facilitando a interpretação dos resultados em termos da composição real do etanol presente no produto final.

3.5 Análise Sensorial

A análise sensorial foi conduzida no Laboratório de Análise Sensorial da Vinícola-Escola do IFRS – Campus Bento Gonçalves, um espaço projetado para avaliações sensoriais rigorosas, garantindo condições controladas e padronizadas. O ambiente conta com cabines individuais, equipadas com pia e luminária, proporcionando isolamento adequado e iluminação uniforme para minimizar influências externas que possam afetar a percepção dos avaliadores.

As taças utilizadas seguiram a norma ISO 3591:1977, garantindo que o formato padronizado favorecesse a correta percepção dos aromas e características do destilado. O método empregado foi a Análise Descritiva Quantitativa (ADQ), adaptado da norma ISO 11035:1994, que permite a caracterização detalhada dos atributos sensoriais com base na intensidade percebida de cada descritor.

A avaliação foi realizada por um painel composto por 14 julgadores, todos com experiência prévia em análise sensorial de destilados, garantindo maior precisão e reprodutibilidade nos resultados. O estudo foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto Federal do Rio Grande do Sul (IFRS), sob o número de parecer 6.802.764, garantindo conformidade com os princípios éticos de pesquisa envolvendo seres humanos.

Antes do início das análises, todos os participantes assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), conforme anexo 1, no qual foram informados sobre a natureza voluntária da participação, a confidencialidade dos dados e a possibilidade de desistência a qualquer momento, sem prejuízos. Além disso, os avaliadores foram orientados quanto aos riscos associados ao consumo de álcool, sendo recomendada a não ingestão do destilado durante as análises. Para evitar interferências, os provadores foram instruídos a descartar as amostras após o contato com as papilas gustativas.

Para a realização da análise sensorial, o destilado foi previamente diluído com água destilada até atingir uma graduação alcoólica final de 40 % v/v, padronizando as amostras e permitindo uma avaliação mais equilibrada das características sensoriais. A análise sensorial abrangeu três principais aspectos do destilado: aspecto visual, perfil aromático e características gustativas/táteis.

Para a dimensão aspecto visual foram avaliadas a intensidade da cor e a limpidez, características fundamentais para a percepção da qualidade e do processo de destilação. Estas propriedades visuais constituem os primeiros indicadores da qualidade do produto e fornecem informações importantes sobre o processo produtivo empregado.

No que se refere à dimensão perfil aromático, os avaliadores analisaram a intensidade e qualidade de diferentes descritores olfativos. Os descritores contemplados incluíram aromas florais, frutados, herbáceos, amadeirados, especiarias, oleaginosos como nozes e amêndoas, adocicados como caramelo e mel, além de possíveis aromas defeituosos caracterizados por odores desagradáveis ou contaminantes. Esta avaliação aromática permite identificar a complexidade e a qualidade do perfil olfativo do destilado, aspectos fundamentais para sua caracterização sensorial.

Para a dimensão características gustativas e táteis, as amostras foram avaliadas quanto a atributos relacionados à percepção na boca. Os parâmetros analisados incluíram dulçor, acidez, adstringência, amargor, corpo definido como a sensação de peso e viscosidade na boca, persistência relacionada à duração das sensações após a degustação, equilíbrio representado pela harmonia entre os elementos sensoriais, intensidade correspondente à força das percepções sensoriais, e complexidade caracterizada pela quantidade e integração de nuances sensoriais.

Ao final da análise, os avaliadores realizaram uma avaliação qualitativa geral do produto, levando em consideração todos os aspectos analisados, caracterizada pela Apreciação Global.

3.6 Tratamento e Apresentação dos dados

As análises dos compostos voláteis da fração inicial foram expressas como a média dos resultados obtidos nas duas destilações realizadas.

Para os descritores sensoriais, os valores foram apresentados como a média das notas atribuídas a cada atributo sensorial, considerando as avaliações de todos os julgadores.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerando o papel histórico e cultural que a variedade Isabel desempenha na vitivinicultura da Serra Gaúcha, iniciativas de pesquisa voltadas à sua valorização ganham relevância tanto técnica quanto simbólica. Ainda assim, a elaboração de bebidas destiladas a partir de uvas da cultivar Isabel ainda é um tema pouco explorado na literatura científica brasileira. Os resultados obtidos nesta investigação apontam para o potencial de transformação de uma matéria-prima tradicionalmente direcionada à produção de suco ou vinhos de mesa em um produto diferenciado, com valor agregado e identidade sensorial própria.

Em geral, a obtenção de destilados de alta qualidade exige um vinho base produzido com critérios específicos, que difere significativamente dos vinhos destinados ao consumo direto. Para este fim, o vinho deve apresentar características como fermentação limpa (com baixa produção de congêneres indesejáveis como álcoois superiores, compostos sulfurados e aldeídos), teor alcoólico moderado, acidez total elevada, ausência de dióxido de enxofre e rápida destilação após o término da fermentação (WATERHOUSE *et al.*, 2024). Nesse contexto, os parâmetros analíticos observados no vinho elaborado para este estudo mostraram-se compatíveis com os critérios citados.

O vinho base obtido apresentou densidade de 0,995 g/mL e teor alcoólico de 10,08% v/v, indicando uma fermentação completa e eficiente. A concentração de açúcares redutores, de apenas 2,92 g/L, confirma a ausência de resíduos fermentescíveis relevantes. A acidez total foi de 7,9 g/L (em ácido tartárico), com pH de 3,09, valores que contribuem para a estabilidade microbológica do produto, especialmente em virtude da não utilização de SO₂ em nenhuma etapa do processo. A acidez volátil foi de 0,21 g/L (em ácido acético), índice considerado baixo e indicativo de uma fermentação sadia, o que contribui positivamente para o perfil sensorial do destilado (WATERHOUSE *et al.*, 2024).

O teor de dióxido de carbono residual, de 626 mg/L, embora inferior ao limiar de percepção sensorial da maioria dos consumidores, pode ainda exercer influência técnica sobre o processo de destilação. Pequenas quantidades de CO₂ dissolvido têm potencial para alterar a dinâmica de separação das frações voláteis no alambique, impactando o fracionamento dos compostos durante a destilação (LÉAUTÉ, 1990). Quanto à presença de metanol, o teor registrado foi de 90,6 mg/L, valor considerado

seguro e bem abaixo dos limites estabelecidos pelas legislações vigentes. A Instrução Normativa SDA/MAPA nº 140/2024 (BRASIL, 2024) define como limites máximos 300 mg/L para vinhos brancos e rosés, e 400 mg/L para vinhos tintos. Sendo assim, o vinho base atende plenamente aos critérios legais e técnicos, oferecendo uma base adequada para a obtenção de destilados vínicos de qualidade.

4.1 Frações da Destilação

O processo de destilação foi realizado em duas etapas sucessivas no alambique. Na primeira etapa, o vinho base foi destilado, sendo coletada inicialmente a fração mais rica em compostos voláteis, correspondente a cerca de 10 % do volume total de destilado, parte esta que foi separada do restante justamente para reduzir a concentração de compostos como metanol e furfural no destilado. Em seguida, procedeu-se à coleta da fração principal, chamada *brouillis*, que representa aproximadamente 80 % do volume total obtido na destilação do vinho. O *brouillis* é, portanto, a parte de maior interesse para posterior redestilação e concentração do teor alcoólico. Finalmente temos os 10% remanescentes, descartados por conterem congêneres desagradáveis. A Figura 5 ilustra a variação da graduação alcoólica ao longo do processo. Na primeira passagem pelo alambique, parte-se de um vinho com cerca de 10 % v/v de etanol, obtendo-se um *brouillis* com teor alcoólico entre 28 % e 32 % v/v.

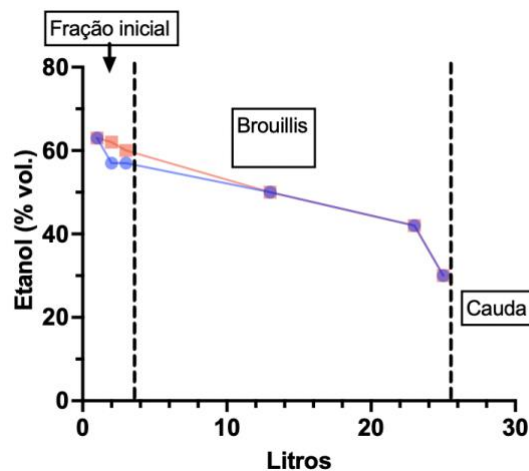


Figura 5: Processo de destilação e separação das frações. ● 1º vinho; ■ 2º vinho).

Fonte: Adaptado de Estolano et al. (2025).

Já a Figura 6 mostra que na segunda destilação, há a concentração de álcool em níveis iniciais em torno de 80 % v/v, fração esta chamada de Cabeça, e que é obtida no início da segunda destilação, representando cerca de 5 % do volume da destilação. O teor alcoólico vai caindo progressivamente até 60 % v/v na fração considerada “coração”, que representa a fração mais “nobre” da destilação e corresponde a 85 % do volume da destilação. Finalmente temos a “Cauda”, composta pelos congêneres indesejáveis, correspondendo a 10% do volume da destilação.

Esse fracionamento sequencial é fundamental porque permite isolar compostos de menor ponto de ebulição—tais como aldeídos leves, acetato de etila e parte dos álcoois superiores—nas “cabeças”, bem como relegar ácidos graxos de maior peso molecular e furfural às “caudas”. O resultado prático é um destilado intermediário com menor carga de congêneres indesejáveis e, portanto, perfil sensorial mais neutro e equilibrado (ZANGHELINI *et al*, 2024). Além disso, a dupla destilação oferece maior latitude para ajustes operacionais—por exemplo, cortes mais precisos baseados em temperatura, teor alcoólico instantâneo ou condutividade—o que se traduz em ganho de consistência lote a lote.

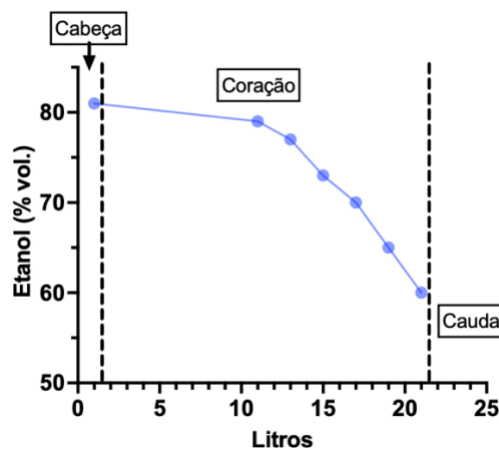


Figura 6: Frações Cabeça, Coração e Cauda identificadas em litros de etanol.

Fonte: Adaptado de Estolano *et al.* (2025).

4.2 Compostos Voláteis presentes no destilado

A análise detalhada dos compostos voláteis presentes nas diferentes frações do processo de destilação revelou aspectos importantes para a compreensão da qualidade sensorial, segurança e identidade química do destilado elaborado a partir

da cultivar Isabel. Os congêneres estudados compreendem diferentes classes de compostos orgânicos, como aldeídos, ésteres, álcoois superiores e metanol, cada qual exercendo um papel específico no perfil organoléptico e na avaliação normativa do produto final. As medições foram expressas em mg/100 mL de etanol puro (e.p.), conforme determina a legislação brasileira. As frações foram coletadas de forma a representar o fracionamento clássico da destilação em alambique de cobre: fração inicial, fração da destilação do *brouillis*, fração "cabeça" e fração "coração".

4.2.1 Acetaldeído

O acetaldeído é o primeiro composto intermediário da via bioquímica que converte glicose em etanol, sendo naturalmente formado durante a fermentação alcoólica pelas leveduras (RIBÉREAU-GAYON *et al.*, 2021). Embora sua presença em baixos níveis possa conferir nuances vegetais e levemente etéreas, sua concentração elevada compromete a pureza aromática e representa risco à saúde humana, estando associado a efeitos citotóxicos e carcinogênicos (YAN *et al.*, 2022). A figura 7 evidencia que o acetaldeído se concentra predominantemente nas primeiras frações do processo de destilação, sendo eficientemente reduzido na fração do coração, que constitui a porção nobre do destilado. Essa redução é altamente desejável, pois preserva a integridade sensorial e contribui para a segurança do consumo.

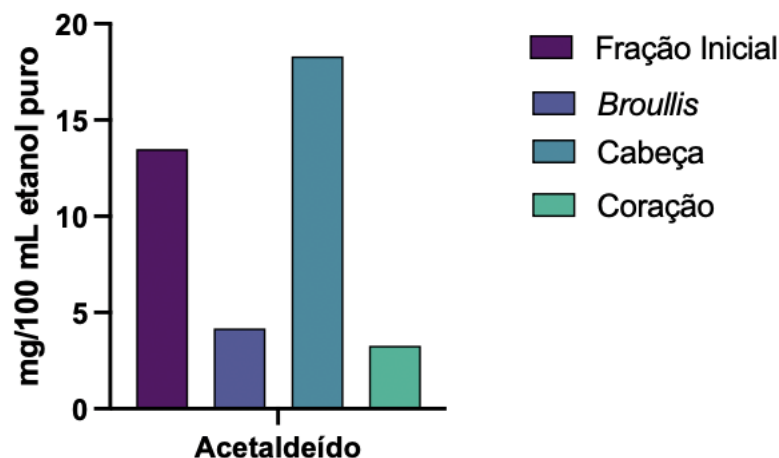


Figura 7: Total de Acetaldeído em cada fração em mg/100mL e.p.

Fonte: Adaptado de Estolano *et al.* (2025).

4.2.2 Furfural

O furfural é um composto aldeídico formado principalmente a partir da degradação térmica de carboidratos como a pentose. Em destilados, sua presença é geralmente indesejável, pois está associada a aromas tostados e de papel molhado, sendo considerado marcador de superaquecimento ou fração pesada mal separada (WATERHOUSE *et al.*, 2024). Como demonstrado na Figura 8, sua concentração diminui drasticamente na fração do coração, mantendo-se muito abaixo do limite legal de 5 mg/100 mL de etanol puro estabelecido pela Instrução Normativa nº 140/2024 (BRASIL, 2024). Esse resultado reforça a adequação técnica da condução da destilação e a eficácia da separação fracionada.

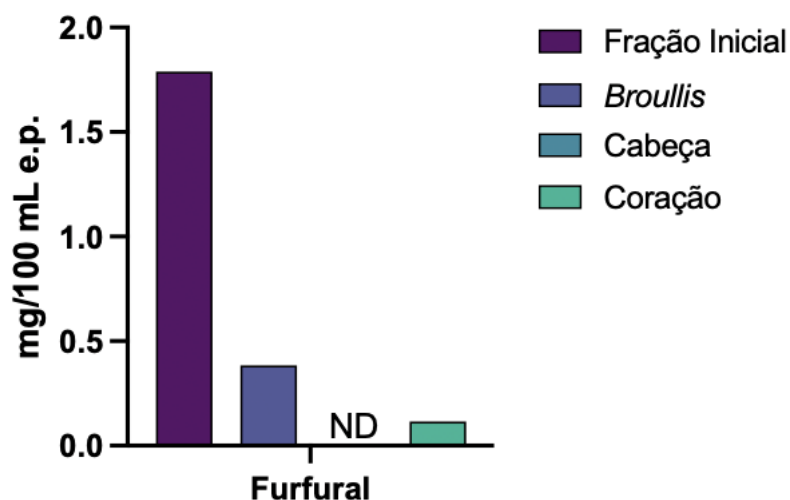


Figura 8: Total de Furfural em cada fração. ND = Não Detectado.

Fonte: Adaptado de Estolano *et al.* (2025).

4.2.3 Acetato de Etila

Principal éster presente em vinhos, o acetato de etila surge da reação entre o ácido acético e o etanol em condições de fermentação. Em níveis baixos, contribui com aromas de banana e frutas tropicais; contudo, em concentrações elevadas está diretamente associado à sensação de vinagre e acetona, característica da acidez volátil (RIBÉREAU-GAYON *et al.*, 2021). A Figura 9 mostra redução deste composto na fração do coração, o que aponta para um processo de destilação eficaz, capaz de minimizar o impacto negativo desses congêneres na bebida final.

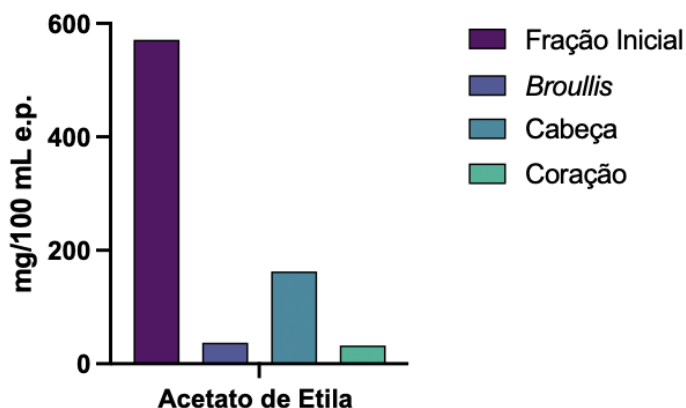
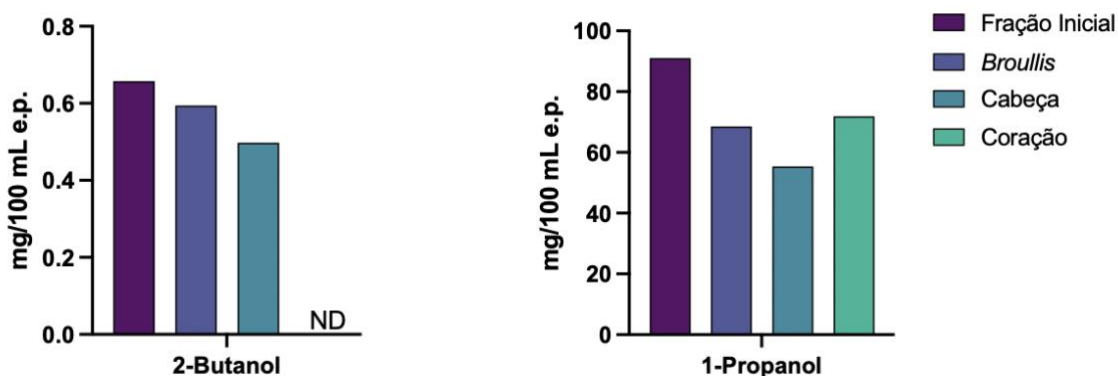


Figura 9: Total de Acetato de Etila em cada fração.

Fonte: Adaptado de Estolano et al. (2025).

4.2.4 Álcoois Superiores

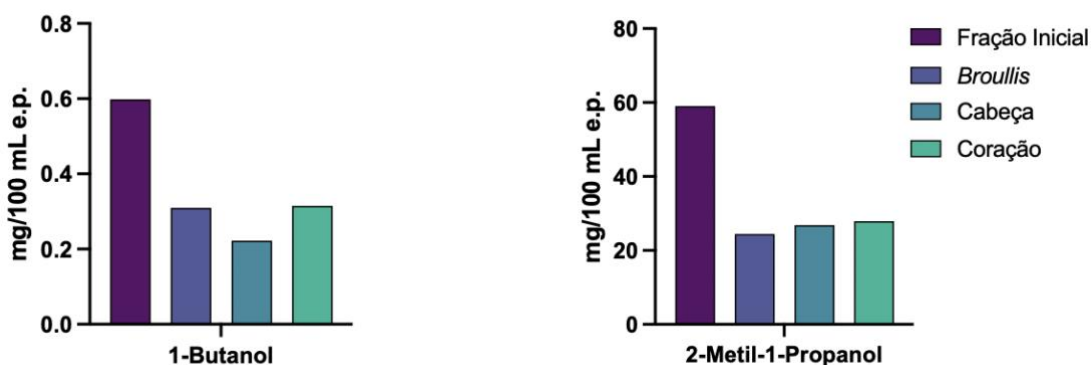
A classe dos álcoois superiores inclui compostos com três ou mais carbonos, derivados principalmente da descarboxilação oxidativa de aminoácidos pela via de Ehrlich e pela transformação de intermediários do ciclo do ácido cítrico e da glicólise (JACKSON, 2014; CHRISTOPH; BAUER-CHRISTOPH, 2007). Também conhecidos como óleos fúseis, foram quantificados no presente estudo os seguintes congêneres: 2-butanol, 1-propanol, 2-metil-1-propanol, 1-butanol e a soma dos álcoois isoamílicos (3-metil-1-butanol e 2-metil-1-butanol), cujas concentrações estão representadas nas Figuras 10, 11 e 12.



Figuras 10 e 11: Totais de 2-Butanol e 1-Propanol em cada fração: ND = Não Detect

Fonte: Adaptado de Estolano et al. (2025).

Os álcoois superiores podem ter diferentes origens dentro do processo de vinificação e destilação, sendo formados a partir de múltiplas vias metabólicas. Podem ser produzidos como metabólitos da degradação de aminoácidos via cetoácidos (2-oxoácidos) durante a fermentação alcoólica (CHRISTOPH & BAUER-CHRISTOPH, 2007; RIBÉREAU-GAYON *et al.*, 2021). A principal fonte desses compostos é a conversão de aldeídos derivados da uva por meio de reações enzimáticas que ocorrem durante a fermentação. Outra rota de formação é a síntese direta a partir de açúcares, na qual intermediários do metabolismo glicolítico e do ciclo dos ácidos tricarboxílicos servem como precursores para a produção desses compostos (JACKSON, 2014). A concentração e o perfil dos álcoois superiores no produto final são influenciados por fatores como a composição da matéria-prima, a cepa de levedura e as condições fermentativas e de destilação empregadas. Para Jackson (2014), os álcoois superiores de cadeia linear são compostos voláteis caracterizados por um odor marcante e pungente, cuja percepção sensorial pode variar conforme sua concentração. Em baixas concentrações, geralmente inferiores a 0,3 g/L, esses compostos podem atuar como moduladores do perfil aromático, contribuindo para a complexidade e harmonia do buquê da bebida. No entanto, à medida que sua concentração aumenta, sua influência tende a se tornar dominante, mascarando outros componentes aromáticos e resultando em aromas menos equilibrados. Em bebidas destiladas, como *brandies* e destilados vínicos, os álcoois fúseis desempenham um papel fundamental na definição do caráter sensorial do produto final, conferindo notas aromáticas específicas que diferenciam esses destilados e influenciam sua qualidade percebida. Seus descritores sensoriais incluem notas alcoólicas, picantes, e queimado, sendo considerados desagradáveis quando em excesso. Por esse motivo, as técnicas de destilação desempenham um papel essencial na redução de sua concentração geral (RIBÉREAU-GAYON *et al.*, 2021), pois teores excessivos de álcoois superiores podem resultar em aromas e sabores fortes e pungentes (CHRISTOPH; BAUER-CHRISTOPH, 2007).



Figuras 12 e 13: Totais de 1-Butanol e 2-Metil-1-Propanol em cada fração

Fonte: Adaptado de Estolano et al. (2025).

Todos os álcoois superiores quantificados diminuíram consideravelmente sua concentração durante a separação das frações inicial e cabeça, com exceção do 1-propanol (Figuras 10 e 11) que na fração coração manteve uma concentração mais próxima da fração inicial (destilação do vinho) e da cabeça (destilação do *brouillis*). Esse álcool possui descritores aromáticos semelhantes aos de fusel⁴, caracterizados por notas pungentes, alcoólicas e ligeiramente agressivas (MATIAS-GUIU *et al.*, 2018). Entretanto, sua concentração em todas as frações está abaixo do limiar de percepção (500 mg/L em solução aquosa e 830 mg/L em solução hidroalcoólica) (CHRISTOPH; BAUER-CHRISTOPH, 2007), contribuindo apenas indiretamente (pela soma dos álcoois) para o aroma do destilado. A presença controlada de álcoois superiores pode enriquecer a complexidade aromática, conferindo notas alcoólicas, de especiarias e de frutas secas. No entanto, quando em excesso, esses compostos promovem um perfil sensorial agressivo e desequilibrado.

⁴ O termo “fusel” vem do alemão “Fuselöl”, que significa literalmente “óleo ruim” ou “óleo de baixa qualidade”.

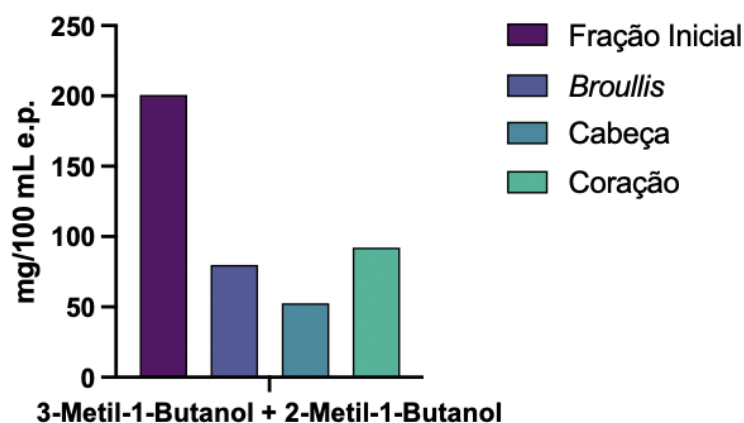


Figura 14: Totais de 3-Metil-1-Butanol +2-Metil-1-Butanol em cada fração.

Fonte: Adaptado de Estolano et al. (2025).

Todavia, alguns dos álcoois superiores analisados são precursores de acetatos e podem contribuir para a formação de aromas no destilado. Esses compostos participam de reações de esterificação, resultando em ésteres como acetato de propila, acetato de isobutila, acetato de butila e acetato de isoamila, responsáveis por notas frutadas e características sensoriais que podem enriquecer o perfil aromático (CLARKE; BAKKER, 2010).

4.2.5 Metanol

Sabe-se que o metanol não é um metabólito primário da fermentação das leveduras (RIBEREAU-GAYON *et al.*, 2021; WATERHOUSE *et al.* 2024; MORENO-ARRIBAS, 2009). Sua formação ocorre, principalmente, por meio da hidrólise ácida ou enzimática de resíduos de ácido galacturônico metilado, que compõem a estrutura da pectina, um polissacarídeo abundante na casca das uvas. A degradação dessa macromolécula libera metanol como subproduto. As enzimas responsáveis pela hidrólise do metanol a partir da pectina esterificada são denominadas pectinesterases (PE) ou pectinometilesterases (PME). Essas enzimas estão naturalmente presentes em diversas frutas, incluindo as uvas, e também podem ser liberadas por leveduras como *Saccharomyces cerevisiae* e outras espécies durante a fermentação. Além disso, a utilização de enzimas exógenas na vinificação, particularmente aquelas destinadas a aumentar a extração de compostos fenólicos e aromáticos, pode

contribuir para um aumento na liberação de metanol ao longo do processo fermentativo. Como consequência, concentrações detectáveis de metanol, geralmente na ordem de mg/L, podem ser encontradas em uma ampla gama de sucos de frutas e vinhos, especialmente naqueles obtidos a partir de frutas com alto teor de pectina ou que passaram por processamento enzimático com pectinases (WATERHOUSE *et al.*, 2024).

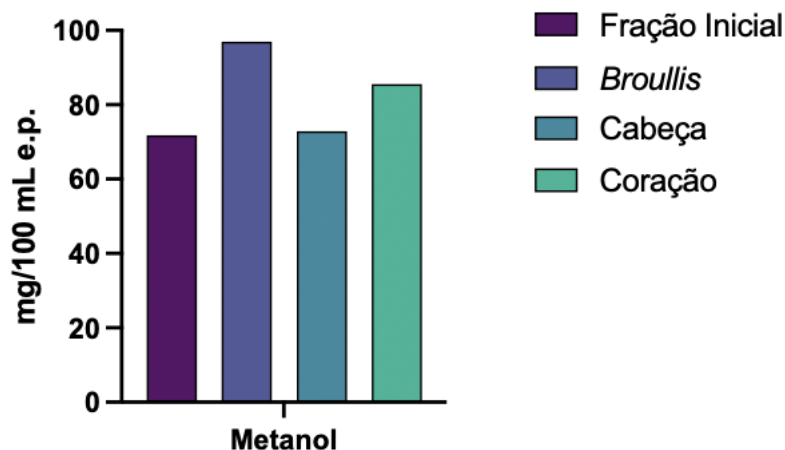


Figura 15: Totais de Metanol em cada fração

Fonte: Adaptado de Estolano *et al.* (2025).

O metanol, portanto, não é um dos principais constituintes do vinho e, nas concentrações normalmente encontradas no vinho, geralmente entre 0,1 e 0,2 g/L, não exerce impacto sensorial perceptível. No entanto, a preocupação ocasional com sua presença está relacionada ao seu metabolismo no organismo humano, que leva à formação de formaldeído e ácido fórmico, ambos reconhecidamente tóxicos para o sistema nervoso central. O formaldeído, em particular, tem como um de seus primeiros alvos o nervo óptico, podendo causar cegueira em casos de intoxicação severa. Para Jackson (2014), nos processos legítimos de vinificação, o metanol nunca se acumula em níveis tóxicos. Assim, a concentração final de metanol nos vinhos fermentados depende diretamente do teor de pectina da matéria-prima utilizada. Para Waterhouse *et al.* (2024), quando comparadas a outras frutas, as uvas possuem naturalmente baixos teores de pectina, o que resulta em vinhos com menor teor de metanol em relação a outras bebidas fermentadas de frutas, mesmo considerando as uvas da

espécie *Vitis labrusca*, conhecidamente possuidoras de maiores concentrações de pectina. Além disso, no processo de destilação, a concentração de etanol e compostos voláteis aromáticos pode promover um aumento na quantidade de metanol presente no destilado final. Dessa forma, o monitoramento da formação de metanol é um aspecto relevante tanto na produção de vinhos quanto na elaboração de destilados, visando garantir a segurança e qualidade do produto (JACKSON, 2014).

A quantidade máxima segura de metanol que pode ser ingerida é estimada em aproximadamente 2 g, enquanto a dose associada à toxicidade aguda é de cerca de 8 g (WATERHOUSE *et. al*, 2024). No entanto, concentrações mais elevadas de metanol (>1000 mg/L) podem ser encontradas em destilados, devido à volatilidade semelhante do etanol e do metanol na água, conforme descrito pelo coeficiente de Henry^{5,6}. Esse fenômeno influencia a co-evaporação desses compostos durante o processo de destilação, resultando em uma maior concentração de metanol nos destilados em comparação com os vinhos. Devido a esse fator, os limites legais para metanol em bebidas destiladas costumam ser superiores aos estabelecidos para vinhos.

Para Waterhouse *et al.* (2024), apesar da presença natural de metanol em vinhos e destilados, a maioria dos casos de intoxicação por metanol está relacionada à adulteração de bebidas alcoólicas com metanol industrial, e não ao metanol formado durante os processos legítimos de vinificação e destilação.

Como observado nas análises do vinho, as concentrações de metanol encontradas no vinho base de Isabel e em todas as frações dos destilados (Figura 15) são relativamente baixas. Além de estarem dentro dos padrões da legislação brasileira, que estabelece um limite máximo de 600 mg/100 mL de etanol puro para aguardentes víquicas (BRASIL, 2024), esses valores também estão abaixo dos limites superiores adotados em regiões produtoras da Europa, onde o limite máximo de metanol para aguardente víquica é de 200 mg/100 mL de etanol puro (UNIÃO EUROPÉIA, 2008). Contudo, o protocolo utilizado neste estudo, que incluiu descuba

⁵ O coeficiente de Henry (H) expressa a tendência de um composto volátil, como álcoois superiores ou ésteres, em migrar da fase líquida (vinho ou mosto) para a fase gasosa. Ele representa a razão entre a concentração do composto no ar e no líquido quando ambos estão em equilíbrio. Substâncias com alto coeficiente de Henry volatilizam-se com mais facilidade, influenciando diretamente o perfil aromático percebido. Esse coeficiente é sensível à temperatura e pode ser modulado por fatores como etanol, pH e matriz do vinho (WATERHOUSE *et al.*, 2024).

⁶ William Henry (1774–1836), químico e médico britânico.

precoce, fermentação sem SO₂ e duplo fracionamento, também é eficaz na redução do metanol para esse tipo de vinho.

4.2.6 Soma dos Congêneres

A soma total dos congêneres representa um parâmetro quantitativo consolidado, utilizado para classificar destilados quanto à sua complexidade e grau de pureza. Segundo a legislação brasileira, o limite máximo permitido para aguardentes víquicas é de 1.185 mg/100 mL de etanol puro (BRASIL 2024). Neste estudo, os resultados mostraram uma redução de aproximadamente 80% na concentração total de congêneres da fração inicial para a fração do coração, posicionando esta última dentro dos padrões legais e sensoriais esperados para bebidas de qualidade, conforme apresentado na Figura 16. Essa redução reflete não apenas a eficácia da separação fracionada, mas também a adequação das condições de fermentação, contribuintes diretas para a formação e posterior concentração desses compostos.

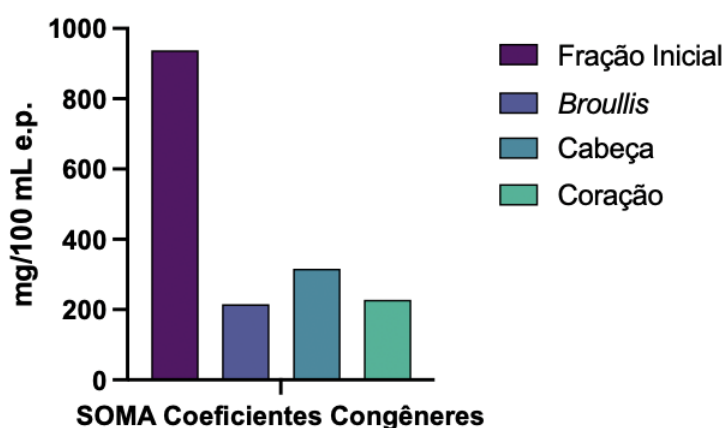


Figura 16: Soma de coeficientes dos Congêneres em cada fração

Fonte: Adaptado de Estolano et al. (2025).

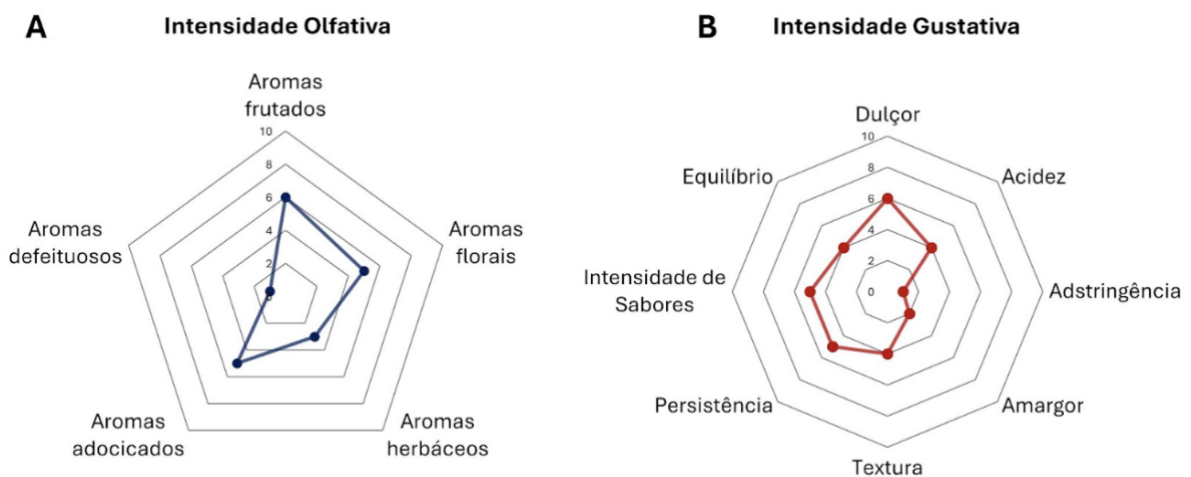
Em conjunto, os dados obtidos reforçam a viabilidade técnica e a segurança toxicológica da elaboração de destilados a partir de vinho de uva Isabel, sobretudo quando aplicadas boas práticas de vinificação e destilação, capazes de assegurar

níveis adequados de congêneres, perfil sensorial limpo e conformidade com os padrões regulatórios nacionais e internacionais.

4.3 Análise Sensorial – Olfativa e Gustativa

A cultivar Isabel, amplamente cultivada na Serra Gaúcha, é reconhecida por seu perfil aromático singular, frequentemente descrito como intenso, frutado e floral. Compostos voláteis característicos da variedade incluem ésteres como o antranilato de metila (metil 2-aminobenzoato), a cetona 2-aminoacetofenona e a furanona furaneol (2,5-dimetil-4-hidroxi-3(2H)-furanona), que têm sido identificados na uva, no mosto e em vinhos elaborados com essa variedade (DUTRA *et al.*, 2018). Esses compostos estão associados a aromas de frutas vermelhas frescas, como morango e framboesa, e notas florais reminiscentes de jasmim.

A Figura 17 apresenta os resultados da análise descritiva quantitativa por meio de gráficos do tipo radar, os quais possibilitam uma visão integrada das principais características sensoriais observadas.



Figuras 17 e 18: Gráfico radar, Análises descritivas quantitativas.

Fonte: Adaptado de Estolano *et al.* (2025).

Apesar da realização de duas etapas sucessivas de destilação, uma a partir do vinho e outra do *brouillis*, observou-se que o destilado final preservou traços aromáticos sutis oriundos da uva Isabel. Como mostra a Figura 17, a análise sensorial olfativa indicou um perfil equilibrado e limpo, com ausência de defeitos como aromas sulfurosos, fenólicos ou medicinais. Aromas frutados, florais e levemente adocicados

estiveram presentes, ainda que de forma moderada, sugerindo que parte dos compostos varietais resistiu ao processo de destilação ou foi parcialmente regenerada por reações secundárias de ésteres e álcoois superiores durante o aquecimento.

No que diz respeito à análise gustativa (Figura 18), os destilados foram descritos como equilibrados, com níveis moderados de acidez e dulçor. A percepção de amargor e adstringência foi considerada baixa, o que contribuiu para uma sensação de suavidade e redondeza na boca. A persistência gustativa foi classificada como médio-alta, indicando uma permanência prolongada de impressões sensoriais agradáveis após a degustação, aspecto desejável em destilados finos. A complexidade sensorial geral do produto foi bem avaliada pelo painel de provadores, sugerindo um potencial de mercado para este tipo de destilado.

5. CONCLUSÕES

O presente trabalho teve como objetivo explorar o potencial da cultivar Isabel, tradicionalmente associada à produção de vinhos de mesa e sucos, para a elaboração de destilados vînicos de qualidade, com foco na caracterização fîsico-química, sensorial e na segurança alimentar do produto final. Os resultados obtidos ao longo das etapas de vinificação, destilação e análise laboratorial demonstraram que, por meio da adoção de boas práticas técnicas, é plenamente viável obter uma aguardente vînica equilibrada, aromática e dentro dos padrões legais vigentes, a partir de uma variedade muitas vezes subvalorizada pelo mercado.

Durante a etapa de vinificação, foi elaborado um vinho base isento de defeitos, com fermentação completa, baixa acidez volátil e sem adição de SO₂. Esses aspectos são fundamentais para garantir um meio adequado à destilação, pois evitam a formação de congêneres indesejáveis que poderiam comprometer o perfil do destilado. O processo de dupla destilação em alambique de cobre, com separação clara das frações inicial, cabeça, coração e cauda, permitiu selecionar a porção mais nobre da bebida, com significativo decréscimo na concentração de compostos voláteis potencialmente prejudiciais à qualidade sensorial e à segurança do consumo.

A análise dos congêneres demonstrou reduções expressivas de acetaldeído, furfural, acetato de etila e diversos álcoois superiores na fração do coração, comprovando a eficiência da destilação fracionada na obtenção de um destilado mais puro e refinado. Em particular, a manutenção de baixos níveis de metanol foi um dos pontos positivos mais relevantes do estudo, uma vez que esse composto, apesar de naturalmente presente no vinho, pode apresentar riscos à saúde se não for adequadamente controlado. A concentração final de metanol nas frações analisadas esteve não apenas abaixo dos limites estabelecidos pela legislação brasileira (600 mg/100 mL e.p.), mas também inferior aos parâmetros europeus (200 mg/100 mL e.p.), evidenciando um controle eficaz do processo.

A soma total dos congêneres, outro indicador essencial de qualidade, também foi significativamente reduzida na fração do coração, permanecendo abaixo do limite de 1.185 mg/100 mL de etanol puro. Esse resultado confirma que é possível elaborar uma aguardente vînica tecnicamente compatível com os padrões exigidos, mesmo a partir de uma variedade tradicionalmente voltada à produção de produtos considerados mais simples.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os destilados elaborados apresentaram perfil aromático limpo, com traços frutados e florais ainda presentes, mesmo após as duas etapas de destilação. Essa observação é particularmente interessante, pois sugere que parte dos compostos varietais da Isabel, como o antranilato de metila, a 2-aminoacetofenona e o furaneol, podem resistir ao processo ou ser regenerada via reações térmicas e químicas durante a destilação. Na boca, os produtos se destacaram pelo bom equilíbrio gustativo, baixa percepção de amargor e adstringência, além de uma persistência considerada médio-alta. O conjunto desses atributos indica um destilado com complexidade suficiente para atender aos padrões sensoriais esperados por consumidores mais exigentes.

Portanto, este estudo procura contribuir para ampliar o entendimento sobre a versatilidade da cultivar Isabel, demonstrando que ela pode ser tecnicamente aproveitada para a elaboração de destilados víquicos de alta qualidade. Além de proporcionar uma nova destinação para a uva, tradicionalmente tratada como commodity, o estudo promove a valorização de um patrimônio vitivinícola brasileiro e reforça a possibilidade de inovação e diversificação no setor. A elaboração de aguardentes a partir da Isabel pode representar não apenas um novo nicho de mercado, mas também uma estratégia sustentável para pequenos produtores que buscam diferenciação e agregação de valor ao seu produto.

Do ponto de vista socioeconômico, o lançamento de um destilado elaborado a partir da uva Isabel poderia gerar impactos positivos para as regiões produtoras, sobretudo ao diversificar a renda de pequenos e médios viticultores que hoje dependem majoritariamente da venda de suco e vinho de mesa. Ao agregar valor à cadeia produtiva local, o novo produto estimularia a geração de empregos diretos (na produção, destilação e envelhecimento) e indiretos (logística, comercialização e turismo enogastronômico), contribuindo para o fortalecimento de economias regionais historicamente voltadas ao agronegócio familiar. Além disso, ao ocupar um nicho ainda pouco explorado — o de destilados víquicos de variedades híbridas —, essa iniciativa pode atrair investidores interessados em inovação e em produtos de apelo territorial, gerando um efeito multiplicador no desenvolvimento de infraestrutura e serviços associados ao setor.

Em termos de viabilidade econômica existem desafios como os custos iniciais de instalação de alambiques, a necessidade de controle rigoroso de frações de destilação e a superação de barreiras mercadológicas associadas a percepções tradicionais sobre a uva Isabel. Sugere-se que trabalhos futuros que analisem custos comparados com rentabilidade possível para os produtos. A análise de Criação de Valor mostra que um *storytelling* regional e certificações de indicação geográfica podem permitir uma precificação premium, diluindo rapidamente os investimentos fixos em campanhas de reposicionamento de marca. O estudo do Mercado de Destilados no Brasil indica um espaço de crescimento para nichos diferenciados, e a projeção de aumento de participação de mercado — de 12% para patamares semelhantes aos observados em países vizinhos — sugere potencial de faturamento superior a R\$ 40 bilhões para o conjunto do setor. Assim, com planejamento estratégico, parcerias locais e uso de incentivos fiscais ou linhas de crédito para inovação rural, o destilado de Isabel pode se tornar uma unidade de negócio economicamente sustentável e socialmente transformadora.

Sugere-se que futuras pesquisas explorem o envelhecimento desses destilados em diferentes tipos de madeira — inclusive brasileiras — com vistas a avaliar os impactos sensoriais, químicos e mercadológicos de tal prática. Também se recomenda a avaliação da aceitabilidade do produto junto a consumidores finais, bem como estudos de viabilidade econômica e logística da introdução desse tipo de destilado no mercado nacional. Acredita-se que, com base nos dados aqui apresentados, o caminho está aberto para o desenvolvimento de uma nova categoria de bebida destilada, com identidade regional e qualidade reconhecível, oriunda de uma variedade que, historicamente, ajudou a construir a vitivinicultura do Brasil.

O paradoxo entre a ampla disponibilidade da uva Isabel na Serra Gaúcha e sua limitada presença no mercado de destilados víquicos representa uma oportunidade potencial para o setor vitivinícola brasileiro. Apesar dos desafios técnicos associados às características enológicas desta variedade, os raros exemplos de destilados bem-sucedidos sugerem que, com técnicas apropriadas de destilação e envelhecimento, a Isabel pode contribuir para o desenvolvimento de produtos diferenciados no mercado nacional. Em um cenário onde a diversificação de produtos é cada vez mais valorizada, o resgate e aprimoramento das técnicas de destilação aplicadas à uva Isabel poderiam representar uma nova fronteira para a inovação no setor vitivinícola da Serra Gaúcha.

REFERÊNCIAS

ARDUINI, S.; CHINNICI, F. Advancements in Analytical Strategies for Authentication and Quality Control of Grappa and Wine Brandy with Geographical Indications. **Applied Sciences**, v. 14, n. 17, p. 8092, 2024.

ALCARDE, A.; SOUZA, P.; BELLUCO, A. Aspectos da composição química e aceitação sensorial da aguardente de cana-de-açúcar envelhecida em tonéis de diferentes madeiras. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n. 1, p. 226-232, 2010.

APOSTOLOPOULOU, A.; FLOUROS, A.; DEMERTZIS, P.; AKRIDA-DEMERTZI, K. Differences in concentration of principal volatile constituents in traditional Greek distillates. **Food Control**, v. 16, p. 157-164, 2005.

BORDIGA, M. (Ed.). **Post-fermentation and-distillation technology: Stabilization, aging, and spoilage**. CRC Press, 2017.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. Instrução Normativa SDA/MAPA nº 140, de 28 de fevereiro de 2024. Consolida as normas sobre bebidas, fermentados acéticos, vinhos e derivados da uva e do vinho. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 29 fev. 2024. Disponível em: https://www.normasbrasil.com.br/norma/instrucao-normativa-140-2024_456268.html. Acesso em: março de 2025.

BUGLASS, A., MCKAY, M. e LEE, C. Distilled spirits In: **Handbook of alcoholic beverages: Technical, analytical and nutritional aspects**. Editor: Alan Buglass. John Wiley and Sons Ltds. London. 2011.

CANAS, S. Phenolic composition and related properties of aged wine spirits: Influence of barrel characteristics. A review. **Beverages**, v. 3, n. 4, p. 55, 2017.

CLARKE, R. J.; BAKKER, J. **Química del flavor del vino**. Zaragoza: Acribia, 2010.

CORTÉS, S.; GIL, M.; FERNÁNDEZ, E. The influence of redistillation in the distribution of volatile components of Marc spirit (Aguardiente) and its evolution during aging in oak barrels. **Sciences des aliments**, v. 22, n. 3, p. 265-275, 2002.

COZZOLINO, D., CYNKAR, W., SHAH, N., SMITH, P. Technical solutions for analysis of grape juice, must, and wine: the role of infrared spectroscopy and chemometrics. **Analytical and bioanalytical chemistry**, v. 401, n. 5, p. 1475-1484, 2011.

CHRISTOPH, N.; BAUER-CHRISTOPH, C. Flavour of spirit drinks: raw materials, fermentation, distillation, and ageing. In: BERGER, R. G. (ed.). **Flavours and fragrances: chemistry, bioprocessing and sustainability**. Berlin; Heidelberg: Springer, 2007.

DAL PIZZOL, R.; DE SOUSA, S. **Memórias do vinho gaúcho**. AGE Editora, 2014.

DAL PIZZOL, R.; PASTOR, R. F. **Paisagens do Vinhedo Rio-grandense**. Bento Gonçalves: Instituto R. Dal Pizzol, 2016.

DE BONI, L. A.; COSTA, R. **Os Italianos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: EST, 1979.

DE MAJO, C.; MORETTO, S. From slash and burn to winemaking: the historical trajectory of Italian colonos in the uplands of Rio Grande do Sul, Brazil. *Modern Italy*, v. 26, n. 2, p. 141-158, 2021.

DUARTE, T.; SALAMONI, G.; DA COSTA, A. Turismo no espaço rural, práticas locais e imigração italiana: O Caminho Colonial do Vinho, Pelotas/RS. **Rosa dos Ventos**, v. 3, n. 2, p. 207-215, 2011.

DUTRA, M. DE SOUZA, J., VIANA, A., DE OLIVEIRA, D., PEREIRA, G., DOS SANTOS LIMA, M. Rapid determination of the aromatic compounds methyl-anthranilate, 2'-aminoacetophenone and furaneol by GC-MS: method validation and characterization of grape derivatives. **Food Research International**, v. 107, p. 613-618, 2018.

ESTOLANO, A.; FICAGNA, E.; GUGEL, G.; LIMA, R.; MIOTTO, S.; SALTON, G.; CISILOTTO, B. Elaboração de destilado vínico a partir da Cv. Isabel: potencialidades, caracterização e alternativa de renda para o vitivinicultor da Serra Gaúcha. **Revista Brasileira de Viticultura e Enologia**, n.17, p.100-110, 2025.

FAITH, N. **Cognac**. Hachette UK, 2004.

FALCADE, I. A paisagem como representação espacial: a paisagem vitícola como símbolo das indicações de procedência de vinhos das regiões Vale dos Vinhedos, Pinto Bandeira e Monte Belo (Brasil). Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

FENOCCHIO, Paolo; MENDES, Manoel. Teores de metanol em conhaques Gaúchos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 10, n. 11, p. 65-67, 1975.

GARCÍA-LLOBODANIN, L. ACHAERANDIO, I., FERRANDO, M., GÜELL, C., LÓPEZ, F. Pear distillates from pear juice concentrate: effect of lees in the aromatic composition. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 56, p. 3462-3468, 2007.

GIOVANNINI, E. **Produção de Uvas: para Vinho, Suco e Mesa**. Porto Alegre: Renascença, 1999.

GUYMON, J. F. Chemical aspects of distilling wines into brandy. **Advances in Chemistry Series**, v. 137, p. 232-253, 1974.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa industrial anual – PIA Produto**. 2023. Disponível em <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5807> Acesso em 03 abr. 2025

JACKSON, R. S. **Wine Science: Principles and Applications**. Academic Press, 2014.

JENSTER, P. **The business of wine: A global perspective**. Copenhagen Business School Press DK, 2008.

KAPLINSKY, R.; MORRIS, M. **A handbook for value chain research**. Brighton: University of Sussex, Institute of Development Studies, 2000.

LAROCCA, M., LADEIRA, R., SILVA, Á. , MELLO, R. C. Marketing de Experiência: um estudo dos aspectos conceituais. **Cadernos Ebape. Br**, v. 18, p. 781-793, 2020.

LÉAUTÉ, R. Distillation in Alambic. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 41, p. 90-103, 1990.

MATIAS-GUIU, P., RODRÍGUEZ-BENCOMO, J., PÉREZ-CORREA, J., LÓPEZ, F. Aroma profile design of wine spirits: multi-objective optimization using response surface methodology. **Food Chemistry**, v. 245, p. 1087-1097, 2018.

MAUL E., TÖPFER, R., RÖCKEL, F., BRÜHL, U., HUNDEMER, M., MAHLER-RIES, A. Vitis international variety catalogue. Julius Kühn-Institute (JKI)-Federal Research Center for Cultivated Plants, Institute for Grapevine Breeding Geilweilerhof: Siebeldingen, Germany, 2023. <https://vivc.de/> Acesso em maio de 2025.

MELLO, L.; MACHADO, C. Cadastro Vitícola do Rio Grande do Sul: 2015 a 2017. Brasília: Embrapa, 2017.

MORENO-ARRIBAS, M.; POLO, M. (Ed.). **Wine chemistry and biochemistry**. New York, NY, USA: Springer, 2009.

OIV. Compendium of International Methods of Analysis of Wines and Musts. International Organisation of Vine and Wine, 2021.

PORTER, M. E. **Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance**. New York: Free Press, 1985.

PUYT, R.; LIE, F.; WILDEROM, C. The origins of SWOT analysis. **Long range planning**, v. 56, n. 3, p. 102304, 2023.

RIBÉREAU-GAYON, P. DUBOURDIEU, D., DONÈCHE, B., LONVAUD, A. (EDS.) **Handbook of Enology, Volume 1: The Microbiology of Wine and Vinifications**. John Wiley & Sons, 2021.

RITSCHER, P. S.; QUECINI, V. Suco de Uva. 2015 in REIFSCHNEIDER, F., NASS, L., HENZ, G., HEINRICH, A., RIBEIRO, C., EUCLIDES FILHO, K. **Uma pitada de biodiversidade na mesa dos brasileiros**. 2015.

RIZZON, L.; MENEGUZZO, J. Elaboração de destilado de vinho na propriedade vitícola. **Embrapa Uva e Vinho. Documentos**, Bento Gonçalves, v. 31, 2001.

RIZZON, L.; MIELE, A.; MENEGUZZO, J. Avaliação da uva cv. Isabel para a elaboração de vinho tinto. **Food Science and Technology**, v. 20, p. 115-121, 2000.

RIZZON, L.; MIELE, A.. Correção do mosto da uva Isabel com diferentes produtos na Serra Gaúcha. **Ciência Rural**, v. 35, p. 450-454, 2005.

ROBINSON, J.; HARDING, J. (Ed.). **The Oxford companion to wine**. American Chemical Society, 2015.

RODRÍGUEZ-BENCOMO, J. PÉREZ-CORREA, J. , ORRIOLS, I., LÓPEZ, F. Spirit Distillation Strategies for Aroma Improvement Using Variable Internal Column Reflux. **Food and Bioprocess Technology**, v. 1, p. 1885-1892, 2016.

SA+VAREJO. Destilados: categoria representa apenas 12% do mercado de bebidas alcóolicas e traz uma oportunidade de R\$ 40 bilhões. São Paulo, 2023. Disponível em <https://samaisvarejo.com.br/detalhe/reportagens/destilados-categoria-representa- apenas-12-do-mercado-de-bebidas-alcoolicas-e-traz-uma-oportunidade-de-r-40-bilhoes?> Acesso em 02.abr.2025

STONE, H.; BLEIBAUM, R.; THOMAS, H. **Sensory evaluation practices**. Academic press, 2020.

TABAGO, M.; CALINGACION, M.; GARCIA, J. Recent advances in NMR-based metabolomics of alcoholic beverages. **Food Chemistry: Molecular Sciences**, v. 2, p. 100009, 2021.

TELLO, J. MAMMERLER, R., ČAJIĆ, M., FORNECK, A. Major outbreaks in the nineteenth century shaped grape phylloxera contemporary genetic structure in Europe. **Scientific reports**, v. 9, n. 1, p. 17540, 2019.

TONIETTO, J.; MELLO, L. La Quatrième Période Evolutive de la Vitiviniculture Brésilienne: changements dans le marché consommateur du pays. In: **26th World Congress & 81st General Assembly of the Office International de la Vigne et du Vin**. Adelaide: OIV, 2001.

UNIÃO EUROPEIA. **Regulamento (CE) n.º 110/2008 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 15 de janeiro de 2008**. Relativo à definição, designação, apresentação, rotulagem e proteção das indicações geográficas das bebidas espirituosas e que revoga o Regulamento (CEE) n.º 1576/89 do Conselho. Jornal Oficial da União Europeia, L 39, p. 16-54, 13 fev. 2008. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX%3A32008R0110>. Acesso em: 08 mar. 2025.

VALDUGA, V. **O processo de desenvolvimento do enoturismo no Vale dos Vinhedos**. 2007. Tese (Doutorado) - Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 2007.

VENTURINI FILHO, W. **Bebidas alcoólicas: ciência e tecnologia**. Editora Blucher, 2021.

WATERHOUSE, A.; SACKS, G.; JEFFERY, D. **Understanding wine chemistry**. 2. ed. Chichester, UK: John Wiley & Sons Ltd., 2024.

WURZ, D. Análise da comercialização de vinhos finos e de mesa no Brasil. **Journal of Agronomical Science**, v. 7, p. 43-49, 2018.

YAN, T., ZHAO, Y., JIANG, Z., & CHEN, J. Acetaldehyde induces cytotoxicity via triggering mitochondrial dysfunction and overactive mitophagy. **Molecular Neurobiology**, v. 59, p. 3933–3946, 2022.

ZANGHELINI, G., GIAMPAOLI, P., ATHÈS, V., VITU, S., WILHELM, V., ESTEBAN-DECLoux, M. Charentaise distillation of cognac. Part I: behavior of aroma compounds. **Food Research International**, v. 178, p.113977, 2024.

ANEXO 1

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Você está sendo convidado(a) como voluntário(a) a participar da avaliação sensorial de destilados víquicos. Serão mantidos todos os preceitos ético-legais durante e após o término da pesquisa, de acordo com a Resolução 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde. Para participar desta avaliação você não terá nenhum custo e nem receberá qualquer vantagem financeira. Você será esclarecido(a) sobre o estudo em qualquer aspecto que desejar e estará livre para participar ou recusar-se a participar. Poderá retirar seu consentimento ou interromper a participação a qualquer momento. A sua participação é voluntária e em caso de desistência, não acarreta a qualquer penalidade ou modificação na forma em que é atendido(a) pelo idealizador do estudo. O idealizador irá tratar sua identidade com padrões profissionais de sigilo. Você não será identificado em nenhuma publicação que possa resultar deste estudo. Apesar disso, você tem assegurado o direito a ressarcimento ou indenização no caso de qualquer dano eventualmente produzido pela pesquisa. Os resultados da pesquisa estarão à sua disposição quando finalizada. Seu nome ou material que indique sua participação não será liberado sem a sua permissão.

Há risco para os participantes visto que se trata de destilados onde eles possuem alto teor de álcool. Pode haver pessoas alérgicas ao etanol e aos subprodutos da destilação. Os participantes serão incentivados a não consumirem efetivamente o produto, como normalmente é feito em análise sensorial de bebidas, onde após o contato com as papilas gustativas o produto é descartado. Caso o participante seja alérgico a algum composto obtido pela destilação de vinhos, ele será impedido de realizar a análise sensorial e será solicitado sua saída do local da degustação. No caso de o participante sofrer alguma reação alérgica durante a degustação, ele será encaminhado imediatamente para a enfermaria do IFRS-Campus Bento Gonçalves. Os participantes terão a oportunidade de treinarem seus sentidos e colaborarem com o trabalho proposto e com os conhecimentos que serão adquiridos a partir dos resultados obtidos.

Eu, _____ portador(a) do RG ou CPF nº _____ fui informado(a) dos objetivos do presente estudo de maneira clara e detalhada e me foi dada a oportunidade de ler e esclarecer minhas dúvidas. Diante dos esclarecimentos prestados, concordo em participar, como voluntário(a), do estudo "ANÁLISE SENSORIAL DE DESTILADOS VÍNICOS ENVELHECIDOS COM MADEIRAS BRASILEIRAS".

Bento Gonçalves, ___ de _____ de _____.

Assinatura do(a) Participante

Assinatura do(a) Pesquisador(a)

Em caso de dúvidas com respeito aos aspectos éticos deste estudo, poderei consultar:

Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto Federal do Rio Grande do Sul

E-mail: cepesquisa@ifrs.edu.br / Telefone: (54) 3449-3340

Endereço: Rua General Osório, 348, Centro, Bento Gonçalves, RS, CEP: 95.700-000

Pesquisador(a) principal: Alexandre Estolano

Telefone para contato: (54) 3455 — 3200, ramal 238

E-mails para contato: alexandre.estolano@gmail.com / bruno.cisilotto@bento.ifrs.edu.br