



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE ANGICOS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS,
TECNOLOGICAS E HUMANAS
CURSO BACHARELADO EM CIÊNCIA E
TECNOLOGIA**

FRANCISCO EDÉZIO DE MENDONÇA JUNIOR

**ESTUDO E ANÁLISE CINÉTICA DO PROCESSO FERMENTATIVO DO
VINHO TINTO COM MATURAÇÃO DA UVA ISABEL EM BARRIL DE
CARVALHO**

ANGICOS-RN

2018

FRANCISCO EDÉZIO DE MENDONÇA JUNIOR

**ESTUDO E ANÁLISE CINÉTICA DO PROCESSO FERMENTATIVO DO
VINHO TINTO COM MATURAÇÃO DA UVA ISABEL EM BARRIL DE
CARVALHO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Universidade Federal Rural do Semi-Árido –
UFERSA, Departamento de Ciências Exatas e
Tecnologia da Informação para a obtenção do título
de Bacharel em Ciência e Tecnologia.

Orientador: Prof Dr. Damilson Ferreira dos Santos.
Co-orientador (a): Prof.^a Dra. Lêda Maria Oliveira de
Lima.

ANGICOS-RN

2018

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

J95e JUNIOR, FRANCISCO EDÉZIO DE MENDONÇA.
ESTUDO E ANÁLISE CINÉTICA DO PROCESSO
FERMENTATIVO DO VINHO TINTO COM MATURAÇÃO DA UVA
ISABEL EM BARRIL DE CARVALHO / FRANCISCO EDÉZIO DE
MENDONÇA JUNIOR. - 2018.
69 f. : il.

Orientador: DAMILSON FERREIRA DOS SANTOS.
Coorientadora: LÊDA MARIA OLIVEIRA DE LIMA.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Ciência e
Tecnologia, 2018.

1. VINHO. 2. INOCULO. 3. TANINO. 4. CINÉTICA.
I. DOS SANTOS, DAMILSON FERREIRA, orient. II. DE
LIMA, LÊDA MARIA OLIVEIRA, co-orient. III. Título.

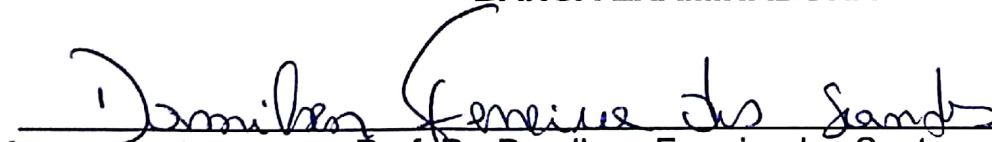
FRANCISCO EDÉZIO DE MENDONÇA JUNIOR

**ESTUDO E ANÁLISE CINÉTICA DO PROCESSO FERMENTATIVO DO VINHO
TINTO COM MATURAÇÃO DA UVA ISABEL EM BARRIL DE CARVALHO**

Monografia apresentada a
Universidade Federal Rural do Semi-
Árido – UFRSA, Campus Angicos,
para obtenção do título de Bacharel
em Ciência e Tecnologia.

DEFENDIDA EM: 11/08/2018

BANCA EXAMINADORA


Prof. Dr. Damilson Ferreira dos Santos –
(UFRSA) Presidente


Prof.^a Dra. Leda Maria Oliveira de Lima –
(UFRSA) Primeiro Membro


Prof. Dr. Francisco de Assis Pereira Vasconcelos de Arruda –
(UFRSA) Segundo Membro

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pois creio que ele tem cuidado de mim como um bom Pai. Tem me sustentado e me dado sabedoria e força para me manter de pé e acima de tudo, creio que essa jornada está escrita em seus planos, desde antes da fundação do mundo.

Agradeço sobremaneira a minha mãe, Acleande, mulher que Deus colocou em minha vida, que me deu a educação necessária, me ensinou a nunca desistir e me ensina ainda o que é amor; a quem eu me inspiro, tenho muito orgulho e prezo! Agradeço também a minha avó Ivanilda que me apoiou também de todas as formas possíveis e sempre está ao meu lado! Agradeço também a minha irmã, Carol, que está sempre por perto e é uma parte de mim. E ao meu pai, por ter auxiliado no material necessário para a produção e me dado algumas palavras.

Agradeço meu orientador Damilson, pessoa que me espelho em sabedoria, experiência e por ter me apoiado e corrigido sempre que necessário. Sou grato também a Alex, que me ajudou das mais diversas formas possíveis ao decorrer dessa jornada, como professor, amigo e co-orientador de projetos. Grato! Agradeço também a Ítalo que me ensinou muito a respeito de foco e paciência e a Hugo e Fernanda, que me auxiliaram demasiadamente no decorrer do projeto. Agradeço também a Cíntia, pessoa em quem me inspiro em dedicação e me apresentou o maravilhoso mundo da física.

Grato também a meus amigos Ana Clara, Gilvan, Maxwell, Helisson, Raone, João, Síría, Félix, Christiane e Erika, por estarem sempre por perto, apoiar em tempos difíceis, serem fonte de inspiração e até por enxugar lágrimas.

Sou grato a Deus pela vida dos pastores Bráulio Nunes, Cleciano Verônico e suas famílias, grandes homens de Deus que me deram sábios conselhos e me sustentaram com a Palavra, que me manteve de pé até aqui. Agradeço também a Lucas, Lohraíne e Gladson, grandes irmãos na fé!

E por fim, agradeço a qualquer um que me ajudou de qualquer forma nessa jornada.

*“Tomou, então, Samuel uma pedra, e a pôs entre
Mispa e Sem, e lhe chamou Ebenézer, e disse:
Até aqui nos ajudou o SENHOR.”*

(2 Samuel 7:12)

RESUMO

O vinho é uma das bebidas mais conhecida e consumida no mundo, pela sua grande característica e variedade em que é encontrada. É uma das primeiras bebidas da humanidade e sua descoberta é ainda imprecisa até mesmo nos dias atuais, devido a um período de tempo ainda muito remoto com respeito a evidências. O processo de produção é compreendido em várias etapas e utiliza-se da uva como o seu principal insumo. O procedimento para a produção artesanal engloba algumas etapas principais do processo industrial. É promovido pelo esmagamento da uva para a formação do mosto que é o bagaço, polpas e sementes. Logo depois, sumo e mosto são encubados para que ocorra a primeira fase de fermentação, ocorrendo a conversão da maior parte dos açúcares e extração de tanino e cor, e logo depois coado e transferido para a cuba de fermentação complementar aonde o vinho ficará pronto. Logo depois de alguns ajustes e análises, o produto estará pronto para ser envazado. A cinética de reação é diretamente influenciada por diversos parâmetros, porém quatro desses parâmetros são os principais pontos a afetarem a velocidade do processo, sendo eles: A temperatura, influenciando na ação da levedura e na tomada de certos parâmetros fermentativos analíticos como grau Brix e Gravidade específica; a concentração de açúcar, que por sua vez está ligada ao teor alcóolico; a concentração do inoculo de levedura, sendo esta grande influenciadora da velocidade da reação bioquímica de levedura; e a intensidade de agitação que promove uma melhor distribuição de massa e o equilíbrio térmico do meio. O presente trabalho se presta a realizar uma análise cinética da reação do vinho tinto artesanal da uva Isabel, demonstrando praticamente cada passo da produção e como cada parâmetro cinético influencia na reação química de formação alcóolica.

Palavras-chave: Vinho, inoculo, tanino, cinética.

ABSTRACT

Wine is one of the most well-known and consumed drinks in the world, due to its great and specialty. The earliest sales of mankind and its inspiration are still very current, due to a still very remote time period with respect to evidence. The production process is used in several steps and use of it as its main input. The procedure for artisanal production encompasses a few steps is the main one of the industrial process. It is promoted by the crushing of the grape to the formation of the must which is the bagasse, pulps and seeds. Soon afterwards, juice and must are incubated for the first fermentation phase to occur, with the conversion of most sugars and tannin extraction and color, and then strained and transferred to a complementary fermentation tank where the wine is ready. After some adjustment and analysis, the product is ready to be emptied. The kinetics of radiation are the same as the signals, which are they are those are there are signals at the error and their wave signals are behavior at the bohemian and gravity analyzer model Brix and Gravity direction; a concentration of sugar, which in turn is linked to the alcohol content; a concentration of inoculum of yeast, being this great resistance of the biochemical of yeast; and a wave intensity that promotes mass distribution and thermal equilibrium of the medium. The present work is to perform a kinetic analysis of the reaction of red wine handmade Isabel water, demonstrating that each stage of production and how it is able to combat the chemistry of alcoholic formation.

Key words: Wine, inoculum, tannin, kinetics.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Ânfora grega	4
Figura 2: Especificações para vinho com relação ao seu grau de açúcar (g/L) .	9
Figura 3: Reação química da conversão de açúcares na vinificação	11
Figura 4: Quantidade de Tanino para algumas variedades de uvas	13
Figura 5: Perfil de uma esmagadeira-desengaçadeira.....	14
Figura 6: Enxague das uvas.....	22
Figura 7: Uvas que foram descartadas	23
Figura 8: Modelos dos cachos padronizados	23
Figura 9: Coadeira e recipiente coletor	24
Figura 10: O Mosto.....	25
Figura 11: Parte dos engaços retirados	25
Figura 12: Cuba de fermentação.....	26
Figura 13: O mosto que subiu a superfície fluida	27
Figura 14: O fermentador barril de carvalho e funil acoplado.....	28
Figura 15: Mangueira promotora para a vazão de CO ₂	29
Figura 16: Levedura utilizada na inoculação	32
Figura 17: Inoculação da levedura	33
Figura 18: Garrafa envazada.....	34
Figura 19: Fluidos condensados da reação nas paredes da cuba	36
Figura 20: Amostras submetidas ao processo de centrifugação	37
Figura 21: Medições do potencial alcóolico realizadas nas amostras do nosso produto e um vinho industrial	39
Figura 22: Reação química do teor alcóolico ocorrida em um bafômetro	40
Figura 23: Etapas da reação química para a obtenção do teor alcóolico	40
Figura 24: Substâncias diluídas	41
Figura 25: O refratômetro de luz	41
Figura 26: Amostras submetidas ao resfriamento	42
Figura 27: Equação para a determinação de graus Baumé	45
Figura 28: Dados específicos da medição	50
Figura 29: Esquema de medição acoplado	50

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Gráfico da evolução de grau Brix dias 01 à 03/08	43
Gráfico 2: Gráfico de evolução de grau Brix dias 06 à 10/08	43
Gráfico 3: Gráfico de evolução de grau Brix dias 13 à 17/08	44
Gráfico 4: Gráfico de evolução de grau Brix dias 20 à 24/08	45
Gráfico 5: Gráfico de Temperatura (°C) vs Tempo (dias)	48
Gráfico 6: Gráfico de Temperatura (°C) em função do Tempo (min)	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Material utilizado na produção.....	21
Tabela 2: Concentração de açúcar em função do grau Brix	30
Tabela 3: Cálculos para a chaptalização da bebida	31
Tabela 4: Primeira bateria de medidas de densidade	37
Tabela 5: Segunda bateria de medida de densidade	38
Tabela 6: Terceira bateria de medida de densidade	38
Tabela 7: Proporções da quantidade de levedura inoculada	47

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. OBJETIVOS	2
OBJETIVO GERAL.....	2
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
2. HISTÓRICO DO VINHO	3
3. REFRENCIAL TEÓRICO	6
3.1. INSUMOS DO VINHO	6
3.1.1. A UVA	6
3.1.2. MOSTO	8
3.1.3. AÇÚCAR E CHAPTALIZAÇÃO.....	8
3.1.4. A LEVEDURA.....	10
3.1.5. FERMENTADORES E MATURADORES	12
3.1.6. TANINO	12
3.2. PROCESSO DE PRODUÇÃO DO VINHO	13
3.2.1. PROCESSANDO A UVA	13
3.2.2. ENCUBAGEM.....	14
3.2.3. FERMENTAÇÕES	15
FERMENTAÇÃO TUMULTUOSA	15
FERMENTAÇÃO COMPLEMENTAR.....	15
FERMENTAÇÃO MALOLÁTICA.....	16
3.2.4. CORREÇÕES NO MOSTO.....	16
3.2.5. CONTROLE DE TEMPERATURA.....	17
3.2.6. ENVELHECIMENTO DE VINHO.....	17
3.2.7. ENGARRAFAMENTO	18
3.3. ANÁLISE CINÉTICA: FATORES QUE AFETAM A FERMENTAÇÃO	19
3.3.1. TEMPERATURA.....	19
3.3.2. CONCENTRAÇÃO DE AÇÚCAR	19
3.3.3. CONCENTRAÇÃO DE LEVEDURA.....	20
3.3.4. AERAÇÃO (AGITAÇÃO).....	20

4. METODOLOGIA.....	21
4.1. MATERIAL UTILIZADO	21
4.2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL.....	21
4.2.1. ENXAGUE E SEPARAÇÃO	21
4.2.2. ESMAGAMENTO E DESENGAÇAMENTO	23
4.2.3. FERMENTAÇÃO	26
4.2.4. ENVASE	33
5. RESULTADOS E DISCURSÃO	35
5.1. ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO	35
5.2. ANÁLISE CINÉTICA	46
5.2.1. CONCENTRAÇÃO DE AÇÚCAR	46
5.2.2. CONCENTRAÇÃO DO INÓCULO.....	47
5.2.3. INTENSIDADE DE AGITAÇÃO	48
5.2.4. TEMPERATURA.....	48
5.3. DEGUSTAÇÃO DO PRODUTO OBTIDO	51
6. CONCLUSÃO.....	53

1. INTRODUÇÃO

Vinho é uma das bebidas mais consumidas do mundo desde a antiguidade. Quer seja pelos seus benefícios à saúde, quer seja pelos atributos físicos, como ser uma bela referência quanto ao requinte tratando-se de uma clássica degustação. O uso varia de país para país, muitas vezes dependendo dos aspectos físicos e político religiosos (como a proibição do vinho) de uma dita região (JACKSON, 2008).

Sua produção e comercialização têm crescido consideravelmente desde os primórdios da descoberta e englobamento científico do processo natural da fermentação, através do qual foi possibilitado o estudo e implementação de outros métodos de produção (como a mudança do processo de maturação feito em barril de madeira para tanques de aço inoxidável) e a expansão de uma produção em maior escala. O país maior produtor de vinho no mundo é a França, que no ano de 2014 produziu cerca de 14307 hl (hecta litro). Estima-se que no ano de 2014 a produção no Brasil foi de 2731,570 hl (OIV, 2018).

Vinho tem estado conosco por mais de seis mil anos. No entanto, o processo natural, muito complexo pelo qual é feito à fermentação, tem sido entendido por apenas um pouco mais de 160 anos (MaCNAIL, 2015). O processo de fermentação através da conversão química dos açúcares presentes na uva é o que confere a característica tão conhecida com respeito ao paladar. Além de outras técnicas tão importantes quanto, como a maturação do mesmo, atribuindo aspectos crucias como cor, textura e aroma.

Desde a década de 1960 com o avanço na produção, combinado com o advento da vinificação em equipamentos, como a fermentação em aço inoxidável com temperatura controlada, permitiram aos produtores a capacidade de influenciar ainda mais em aromas, texturas, cores e acabamentos no produto final (MaCNAIL, 2015). Um dos equipamentos mais antigos de armazenamento que por sua vez serviram e ainda servem como maturadores é o clássico barril.

Em comparação com a produção artesanal de outros tipos de bebidas alcóolicas, o vinho acaba sendo o não mais módico, porém ainda produzido. Uma vez que um processo de fabricação simples, sem muitos equipamentos

avançados e não englobando tanto profissionalismo, não é algo tão complexo, porém lícito e executável, é concebível de se fazer até mesmo em casa. Com o presente trabalho, procura-se analisar o processo de fermentação do vinho tinto e maturação em barril de madeira, com levedura e uva selecionadas, bem como sua análise na cinética reacional.

1.1. OBJETIVOS

Objetivo geral

Estudar e analisar o processo de fermentação de vinho tinto artesanal, apresentar bem descrita e detalhada cada etapa da produção e analisar a cinética reacional.

Objetivos específicos

- Expor o processo de produção;
- Apresentar os equipamentos e método utilizado para a produção artesanal do vinho tinto;
- Detalhar cada etapa da produção de vinho artesanal;
- Fazer análise laboratorial dos métodos utilizados para certificar a sua potencialidade e eficiência;
- Analisar os parâmetros relacionados a cinética química que influenciam na velocidade da reação;

2. HISTÓRICO DO VINHO

Descrever precisamente as origens do vinho, até mesmo nos dias de hoje, não é uma tarefa tão simples. Vinho é definido como o suco fermentado da uva *Vitis Vinífera* (muitas vezes chamada de uva europeia) e até mesmo quando produzido através da fermentação de outros tipos de frutas, recebe o nome da própria, como nos termos de *vinho de pêssago e amora* (BRITTANICA, 2018).

O histórico vinífico não é preciso. Há até historiadores e enólogos que creem que o vinho fora descoberto por alguém que por um acaso esqueceu um sumo de uvas amassadas em um local e esse mesmo sofreu os efeitos da fermentação. Apesar de muitas as crenças, as primeiras vinhas do mundo datam de 7.000 a 5.000 a.C, na Georgia, na região do Cáucaso, acreditando-se que a descoberta do vinho ter se dado nesse mesmo período mesmo antes de equipamentos vitivinícolas como prensas terem sido encontradas na Romênia em 4.000 antes de Cristo. (GRIZZO, 2016).

Não se sabe ao certo a maneira como se descobriu o vinho e a partir daí, a forma como se fora dada a produção nos tempo antigos. Diversas achados sobre o princípio do cultivo de vinhas e relatos bíblicos a respeito, fundamentam ainda mais o surgimento desta bebida no Oriente Médio (GRIZZO, 2016). Em 5.000 AC, a data mais remota de armazenamento de vinho, nos levam mais precisamente até as montanhas de Zagro, no Irã, embora a bebida já estivesse aparentemente sendo consumida (AGUIAR, 2009).

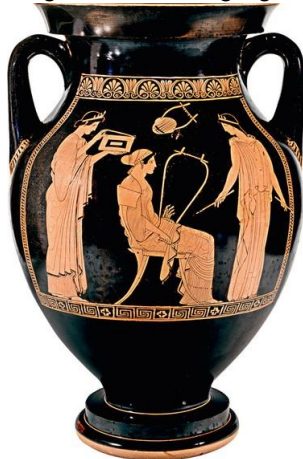
Diz-se o vinho definido como fermentação da *Vitis Vinífera* pois na região do Cáucaso as suspeitas de primeiras vinhas encontradas descendem da supracitada espécie. Por conseguinte nos leva a crer que é no Oriente Médio onde a descoberta e possivelmente uma produção pode ter se desencadeado. Coincidentemente as origens de outros tipos de bebidas fermentadas e alimentos como hidromel, cerveja e pão são apontadas no Oriente Médio (JACKSON, 2008).

A técnica de produção consiste em amassar as uvas e misturar o seu mosto resultante com o suco extraído e o processo de fermentação incube-se do produto final. O processo para o amasso das uvas são inúmeros, usados desde a antiguidade, variando desde prensas manuais até mesmo os lagares que são

tanques de alvenaria de baixa estatura, usados para a técnica de “pisar” as frutas. Lagares aparecem nas evidências do reinado de um rei egípcio: Udimu, cerca de 5.000 anos atrás (JACKSON, 2008). Nos presentes dias, a produção em escala industrial se alavancou contribuindo com outros meios para o esmagamento como a Esmagadeira de Cilindros e a Esmagadeira Centrífuga (AQUARONE, 2001).

Quando o processo de fermentação estava completo e por conseguinte o produto, este tinha de ser armazenado para o processo de envelhecimento, onde dependendo do tempo em descanso o confere ainda mais sabor e aroma. Antes da invenção do barril em meados de 200 d.C., o vinho era armazenado em ânforas. Ânfora é uma espécie de vaso, que em grego significa algo que possa ser carregado por duas pessoas. Historiadores acreditam ser algo que foi criado pelos cananeus, um povo do oriente médio em 1.500 a.C., que viu-a como um recipiente favorável para transportar e armazenar o vinho (GRIZZO, 2016). Uma ânfora com vestígios de vinho foi encontrada na tumba do rei da 1ª Dinastia Egípcia entre 2920 – 2770 a.C, o rei Semerkhet (JACKSON, 2008). Na Figura 1 está representada uma ânfora.

Figura 1: Ânfora grega



Fonte: REVISTA ADEGA, 2018

O processo fermentativo que faz do vinho como o conhecemos, se dá através de um fungo chamado levedura. Este existe em várias espécies que podem incumbir-se deste processo quando se fala não apenas de vinho porém de outros tipos de bebidas alcóolicas. Entretanto uma em especial que é a

referência mais antiga relacionando vinho e levedura é a espécie *Saccharomyces Serevisiae*. Ela está presente ao longo da composição da fruta. A relação estrita da *Saccharomyces* com o vinho, vem de uma evidência muito antiga: uma ânfora encontrada na tumba do Rei Escorpião Narmer, em 3150 a.C, que com uma extração do DNA de uma das várias ânforas da tumba, confirmou a veracidade das afirmações (JACKSON, 2008).

O vinho têm suas raízes no Oriente Médio e proximidades. O mesmo chegou ao Novo Mundo através das viagens de Colombo e a partir desses episódios os missionários espanhóis levaram os conhecimentos vitivinícolas para o Chile e Argentina em meados do sec. XVI e para a Baixa Califórnia no século 18. Logo nos séculos XIX e XX indústrias modernas baseadas em uvas da espécie *Vitis Vinífera*, foram implantadas (BRITANNICA, 2018). Dessa maneira, a viticultura foi se espalhando através dos países mais modernos e as terras recém descobertas pelos colonizadores.

Até antes do século IX vinho era produzido em boa parte do mundo utilizando de diversas técnicas, equipamentos e princípios. Apesar do conceito básico de que o vinho era dado por um processo de formação muito hostil aos olhares (o que hoje conhecemos por fermentação), não se tinham uma imagem burocrática desenvolvida, com respeito a uma orientação e regras legalizadas na lei daqueles tempos. Sendo assim, em 800 d.C., o Imperador romano Carlos Magno publicou Leis Agrárias, com respeito a plantação de vinhedos e normas muito rígidas para a produção de vinho (GRIZZO, 2016). Ele foi o marco que estabeleceu uma ligação entre vinho e lei, de uma forma organizada.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

Será apresentado na seção que se segue os principais insumos do vinho, a desenvoltura do processo de fabricação e os fatores que afetam a fermentação alcoólica.

3.1. INSUMOS DO VINHO

3.1.1. A UVA

Vinho é definido exclusiva e legalmente como o fermentado alcoólico da uva sã, fresca e madura (MAPA, 1988). Pela legislação brasileira vinhos de outros tipos de frutas devem conter em seu rótulo de embalagem o nome vinho e acompanhado do nome da fruta de origem, como por exemplo: vinho de abacaxi, laranja, pêra, amora e entre outros (AQUARONE, 2001). Porém, quando falamos da prática milenar vitivinícola nos referimos aos resquícios mais antigos já encontrados a despeito dessa ciência bioquímica, que é a utilização da uva como o seu principal insumo.

O surgimento da uva é milenar e não se sabe ao certo o tempo em que ela fora introduzida na gastronomia dos tempos antigos. Nos dias de hoje o ciclo de plantações começa no dia 01 de abril no hemisfério norte e a data de início no hemisfério sul se dá seis meses depois. A brotação é denominada como sendo os primeiros brotos de flores verdes que emergem na videira, para que com a chegada do verão, os frutos começam a amolecer e mudar de cor. A mudança de cor é característica de muitas uvas, já que nem todas são de fato rochas podendo variar de verde (as peles brancas) à azul-preto (MaCNEIL, 2015).

Ela é o principal ingrediente do vinho e é também a partir dela que outros componentes do processo produtivo da bebida são extraídos como o suco e o mosto e até mesmo quantidades de açúcares. Logo, vinhos de qualidade requerem um certo padrão de uva. Isso vai depender largamente da qualidade e local de cultivo das vinhas. Os vinhos mais finos do mundo estão associados a regiões em que a geração de uvas se dá em uma escala muito baixa de

rendimento, o que faz com que a fruta amadureça por completo sob condições climáticas amenas (CONSIDINI, 2014). Sol intenso pode atrapalhar na cultura dos vinhedos e posteriormente na produção vinícola, pois os raios solares alteram propriedades da uva que podem ser um grande ponto negativo na bebida interferindo em alguns pontos cruciais como sabores e acidez. Climas frios como nas encostas das montanhas da Alemanha dão lugares a algumas das vinhas mais desejadas (MaCNEIL, 2015).

Um cacho de uva é composto de duas partes: Uma é o engaço e a outra é a parte carnosa que é a baga ou o grão. Uma uva madura apresenta de 2 a 5% de engaço e 95 a 98% de baga (AQUARONE, 2001).

Engaço

O engaço é a matéria lenhosa, as ramificações que prendem as frutas ao cacho. Ele é rico em água, resinas, minerais e taninos. Antes que se ponha o mosto para se fermentar é necessário retirar todo o engaço do meio, pois ele pode conferir ao vinho um gosto muito desagradável pelo alto teor de tanino e sua pobreza em açúcares. A máquina que separa o engaço do mosto é chamada de desengaçadeira (AQUARONE, 2001).

Baga ou grão

A baga é formada por 6 a 12% de casca ou película, 2 a 5% de sementes e de 85% a 92% de polpa. A casca possui antocianinas que são as responsáveis pela pigmentação do vinho e também contém tanino (um importante recurso na composição) que pode variar de 0,5 a 2%. A quantidade de semente na uva pode variar de 1 a 4, dependendo do sucesso da fecundação da mesma. Nela também está presente tanino de 5 a 9%, ácidos voláteis e uma substância resinosa que pode conferir um gosto muito desagradável a bebida. Por isso é preciso muito cuidado para não dessecá-las no processo de esmagamento. A maior parte da fruta é a polpa que contém cerca de 650 a 850 g/L de água na composição, além de açúcares redutores, açúcares orgânicos, substâncias minerais, compostos

nitrogenados e outros componentes em quantidades mínimas (AQUARONE, 2001).

Existem mais de 5.000 a 10.000 variações de uvas no mundo. Não se têm ainda o número exato pois muitas das espécies existem apenas em laboratório e não servem para o cultivo e de todas as restantes apenas 150 são fecundadas em escala comercial (MaCNEIL, 2015). Elas são classificadas por grupos, classes (viníferas nobres e comuns) e pela coloração (tintas ou brancas). Alguns exemplos de viníferas nobres tintas são: Carpent Franc, Carbenet, Sauvignon, Merlot e Pinot Noir. Algumas brancas nobres: Chardonnay, Chennin Blanc, Gewurtraminer, Riesling Itálico, Riesling Renano. Uvas tintas comuns: Isabel, Concord, Courdec (seibel 1077), Kyoho (Kioko) e Bordo (conhecida como Folha de Figo) (MAPA, 2016).

3.1.2. MOSTO

O mosto é definido exclusivamente como as uvas trituradas e o suco resultante (CABALLERO, 2016). É a massa pastosa resultante da maceração, levando as cascas da uva, a polpa, as sementes e possivelmente algumas células (MaCNEIL, 2015). O mosto não é originalmente um insumo em si, ele é apenas um derivado do componente chave que é a uva. Como já explicado no tópico 3.1.1, a composição da uva: a casca, as sementes e a polpa contêm quase todos os recursos necessários para a produção da bebida. O papel mosto é de crucial importância na produção. Será descrito detalhadamente no tópico 3.2.3: Fermentações.

3.1.3. AÇÚCAR E CHAPTALIZAÇÃO

A técnica que consiste adicionar açúcar (sacarose) ao vinho é denominada Chaptalização (AQUERONE, 2001). Existem três tipos de vinho classificados conforme o seu grau de açúcar: Seco, Meio Seco e Doce ou Suave. De acordo com a Legislação brasileira a quantidade de açúcar em g/L que caracteriza cada um dos vinhos acima é dada na Figura 2:

Figura 2: Especificações para vinho com relação ao seu grau de açúcar (g/L)

	Máximo	Mínimo
Seco	5,0	-.-
Meio Seco	20,0	5,1
Doce ou Suave	-.-	20,1

Fonte: MAPA 1988

O paladar individual dos apreciadores de vinho é o que vai decidir a preferência por um vinho mais amargo (seco) ou algo mais adocicado (suave). Durante a fermentação dos vinhos secos, as leveduras convertem o açúcar em álcool e CO₂ (Gás Carbônico). Porém, a fermentação é interrompida quando uma certa quantidade de SO₂ (Dióxido de Enxofre) é produzido, o que acarreta na morte das leveduras. Até então o vinho ganha um leve sabor adocicado natural, resultante de um açúcar residual promovido por causa da interrupção da fermentação (MaCNEIL, 2015).

A levedura é a responsável pela conversão do açúcar. Sem levedura não tem reação química de fermentação. Então quando submetido a esse tipo de problema o vinho acaba por muitas vezes com um baixo teor alcóolico. Também ocorre casos onde a quantidade de açúcar na fruta não é suficiente para atingir o fim desejado. Se não há açúcar na composição do vinho, não há como álcool ser metabolizado. Logo, com a intenção de fazer correções no açúcar, é aderido uma técnica chamada Chaptalização (JACKSON, 2008). Essa técnica consiste simplesmente na adição de açúcar ao mosto (AQUERONE, 2001).

Essa técnica foi definida pelo Dr. Chaptal em 1801 para melhorar a qualidade de vinhos produzidos a partir de uvas imaturas (as vezes muito amargas) ou inchadas pela chuva, aonde a sacarose estará muito diluída. Na fermentação cerca de 17g de sacarose produzem aproximadamente 10g de etanol. O açúcar é diluído em um pouco de vinho para melhorar a difusão no lote e então adicionado, no período em que a multiplicação da levedura está começando. Esse período é estimado em 2 - 4 dias após o início da fermentação turbulenta (JACKSON, 2008).

O açúcar não é um insumo necessário para o vinho a não ser que o enólogo opte por recorrer para a técnica de Chaptalização, pois em si a adição de açúcar não aumenta a doçura do vinho. Por exemplo, no norte da Europa

muitos vinhos são chaptalizados pois as uvas não ficam maduras o suficiente para produzir um vinho encorpado. Já em lugares como a Austrália e Califórnia as uvas são doces o suficiente para tal (MaCNEIL, 2015).

3.1.4. A LEVEDURA

Levedura é um microrganismo unicelular que é parte da família dos fungos. Várias estirpes de levedura existem nos solos das vinhas. A medida que a uva cresce, as leveduras fixam-se nas mesmas e estão presentes também no ar e nas superfícies das adegas. É por isso que a fermentação natural ocorre. Elas atuam naturalmente competindo umas com as outras para comer os açúcares do suco de uva. É durante esse processo que o vinho adquire os sabores e aromas desejáveis (MaCNEIL, 2015).

Existe um vasto número de leveduras. Podemos classifica-las de acordo com vários quesitos como aspecto, suas propriedades, sua forma de reprodução e também pelo modo como elas transformam o açúcar. Sua forma estética pode variar entre: elíptica ou oval, alongada como uma salsicha; esférica; e com formato de limão. Os tamanhos de seus diâmetros podem variar de espécie para espécie na ordem de 2 a 10 micrômetros (AQUERONE, 2001).

As leveduras podem se multiplicar. Isso ocorre de duas formas: A primeira pode ocorrer por formação de esporos. Após a germinação das mesmas, elas podem dar origem a novas leveduras (AQUERONE, 2001). Também há outro modo que é conhecido por “brotamento”. Uma célula mãe pode brotar cerca de doze vezes e a cada vez que brota, dá origem a uma nova célula. (MaCNEIL, 2015). Basta apenas 10 a 15 minutos para uma seção de brotamento acontecer e em 24 horas haverá milhões de leveduras (AQUERONE, 2001).

As leveduras utilizam os principais açúcares presentes na uva, a glicose e frutose, para metabolizá-los e convertê-los em álcool e CO₂. Este caminho de reação fornece as células de leveduras a energia necessária para se biossintetizar. Em condições anaeróbicas, a levedura faz a descarboxilação (que é a remoção do grupo funcional Carboxila ou Carbonila de um composto) do ácido pirúvico, reação essa que é catalisada por piruvato descarboxilase, para produzir acetaldeído e CO₂. A parte final da reação é catalisada por álcool

desidrogenase e envolve a utilização da forma reduzida de uma coenzima chamada NADH (que é responsável por trazer energia a células vivas) para a conversão de acetaldeído em etanol (BATT, 2014). A reação descrita acima feita por uma das mais conhecida espécies de levedura, a *Saccharomyces Cerevisiae*, é apresentada na Figura 3, na qual 1 mol de glicose ($C_6H_{12}O_6$) se converte em 2 mols de etanol (C_2H_5OH) e 2 mols de dióxido de Carbono (CO_2), utilizando de algumas moléculas de enzimas de energia:

Figura 3: Reação química da conversão de açúcares na vinificação



Fonte: BATT, 2014

O processo fermentativo é descrito pela transformação natural de açúcar em álcool e CO_2 a partir do mosto da uva. As indústrias mais modernas e produtoras em larga escala utilizam cepas selecionada da espécie *Saccharomyces Cerevisiae* ao invés de depender do processo natural. Mostos inoculados com leveduras podem fermentar mais rapidamente do que mostos não inoculados, ou seja conforme adição de mais leveduras ocorre uma fermentação mais rápida (BATT, 2014). Algumas características das leveduras no vinho estão descritas abaixo:

Segundo Batt, Carl A. (2014, p. 3019):

- “Genética: diplóide homotálico ou aneuplóide (ocasionalmente poliplóide);
- Crescimento: mínimo ou nenhuma fase da retardação; biomassa moderada Produção; Caráter "matador"; tolerância ao SO_2 ;
- Metabolismo: fermentação alcoólica rápida e reprodutível; conversão eficiente de açúcares de uva em etanol, CO_2 e metabolitos de fermentação menos desejáveis;
- Tolerância ao estresse (ao etanol, pressão osmótica, temperatura)
- Sabor: correta acidez volátil; caráter apropriado de aroma produzido (por exemplo, ésteres, terpenos, ácido succínico);

baixo acetaldeído; Equilíbrio correto da produção de compostos de enxofre (baixa produção de sulfeto e tiol), revelação de aromas de variedades de uva;

- Alta produção de glicerol
- Outros: baixa excreção de uréia, para minimizar a produção de carbamato de etilo potencialmente carcinogénico.”

3.1.5. FERMENTADORES E MATURADORES

As principais escolhas para vasos de fermentação são os cilindros de aço inoxidável (inox) e barris de madeira, geralmente carvalho. E há lugares que ainda se fazem uso de tanques de concreto. Escolher o lugar adequado para se fermentar o vinho leva em consideração muitos fatores como higiene, melhor controle da fermentação, tradição, o custo, estilo e qualidade finais do vinho (CABALLERO, 2016).

Nos maturadores os vinhos podem passar de meses a até anos, dependendo da estrutura e potencial do vinho. Ou seja, um vinho que passe mais tempo descansando (maturando) tornar-se-á um vinho de muito valor. O carvalho é um recurso particularmente essencial para a fabricação, pois as reações químicas que acontecem e a estrutura da madeira conferem ao vinho aromas, sabores e texturas únicas (MaCNEIL, 2015).

3.1.6. TANINO

Tanino é um dos componentes mais importantes do vinho. Ele é um composto que pertence à classe dos fenóis. Está presente nas peles e sementes e também nos engaços, porém estes não são usados na fabricação. Tanino fornece toda a estrutura que o vinho possui. Os franceses consideram o tanino como a espinha dorsal do vinho. Ele concede ao vinho uma certa amargura, passa uma sensação de adstringência e secura. Ele embala o paladar. Pode ser comparado como a amargura que um chocolate ou um café necessita de ter-se para ser tão característico. Ele é também um conservante natural. Vinhos com

mais tanino tem mais potencial para viver mais do que vinhos sem (MaCNEIL, 2015). Na Figura 4 está uma tabela de tanino para algumas variedades de uvas.

Figura 4: Quantidade de Tanino para algumas variedades de uvas



Fonte: MaCNEIL, 2015

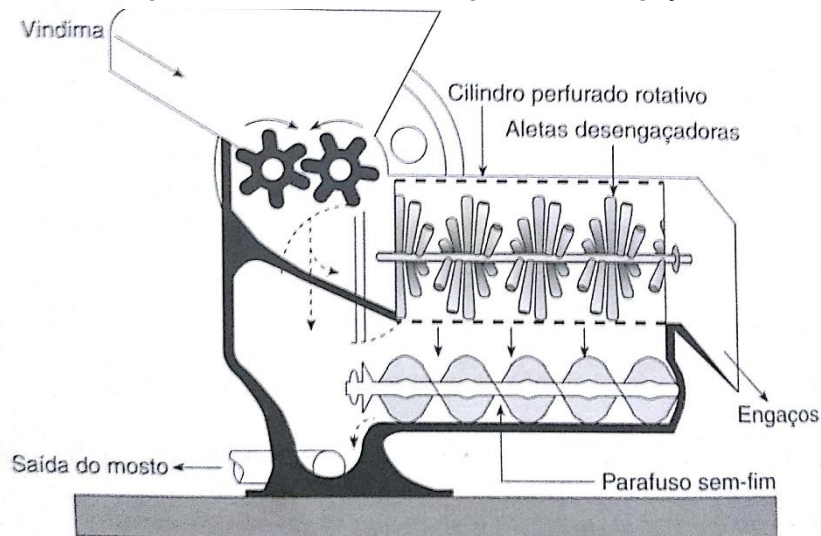
3.2. PROCESSO DE PRODUÇÃO DO VINHO

3.2.1. PROCESSANDO A UVA

Este é o primeiro passo da produção. Ele compreende na remoção de folhas e outros materiais dos cachos que não são tão interessantes para os próximos procedimentos (JACKSON, 2008).

Logo o próximo passo é o esmagamento e desengaçamento. Ela é indispensável por ser responsável por alguns aspectos como: dilacerar as uvas para provocar a extração do máximo de suco possível sem que esmague as sementes ou os engaços; macerar as uvas e permitir uma boa extração e dissolução de corantes e taninos presentes no mosto; promover uma boa aeração do mosto para proporcionar um ambiente favorável ao desenvolvimento das leveduras. As esmagadeiras mecânicas utilizadas hoje em dia são baseadas em dois modelos de funcionamento: Esmagadeiras de Cilindros e Esmagadeira Contrífuga (AQUERONE, 2001). Um modelo atual é apresentado na figura 5

Figura 5: Perfil de uma esmagadeira-desengaçadeira



Fonte: AQUERONE, 2001

Como já discutido anteriormente em tópico 3.1.1, os engaços devem ser retirados do mosto pois eles são pobres em açúcares e ricos em taninos. A remoção dessas hastes previne a absorção desses compostos fenólicos grosseiros. O grau de esmagamento das uvas tende a ser suave, isso reduz o dano às uvas peles e sementes fazendo com que algumas enzimas oxidantes não sejam absorvidas (CABALLERO, 2016).

3.2.2. ENCUBAGEM

Essa parte do processo compreende em encher cubas (os recipientes de fermentação), com a uva esmagada e o suco até o determinado tempo em que o vinho pre-fermentado será retirado da mesma. É nessa fase do processo que ocorrem fenômenos muito importantes na produção, sendo eles: a conversão de grande parte dos açúcares do suco em álcool etílico e CO₂, parte essa que é conhecida como a fermentação principal ou tumultuosa; aumento da temperatura do meio; maceração das cascas, onde é facilitada a absorção de componentes essenciais (AQUERONE, 2001). Outras duas características como a formação do “chapéu de bagaço” e “formação da camada porosa” são apresentadas no tópico seguinte.

As cubas podem ser de Aço carbono revestidas com epóxi ou aço inoxidável; madeira; ou de cimento tratadas com ácido tartárico ou parafina, e envernizadas com resina epóxi (AQUERONE, 2001).

3.2.3. FERMENTAÇÕES

No processo fermentativo completo, essa etapa é dividida em sub-etapas São elas: A fermentação tumultuosa, fermentação complementar e fermentação malolática.

Fermentação Tumultuosa

O ambiente da adega está por vez repleto de leveduras na atmosfera, como mencionado. Elas se encarregam da fermentação do mosto. É a primeira fase de fermentação, onde o bagaço é posto nas cubas. É chamada de fermentação tumultuosa ou violenta, pois a reação libera muito calor, durante a qual parece que o vinho está a ferver, o que de fato dá para se escutar a formação do gás carbônico em bolhas subsequentes. Com a liberação de calor e gás carbônico, as peles e sementes são empurrados para a superfície devido à alta pressão do gás e influência calorífica, onde formam uma espécie de “tampa” de certa espessura (MaCNEIL, 2015).

É necessário que temporariamente o bagaço esteja sendo misturado ao vinho, pois todo o tanino, açúcar (maior parte) e corantes estão presentes na casca. Então se o vinho não estiver em contato com o mosto, sem tanino, sem cor, sem açúcar e sem fermentação (MaCNEIL, 2015). Essa tampa espessa de bagaço que flutua é conhecida como “chapéu de bagaço” e camada porosa (AQUERONE, 2001).

Fermentação Complementar

Quando a fermentação turbulenta termina (a maior parte dos açúcares são convertidos em álcool), é feito a Descuba que é a separação da parte sólida e líquida. Então o vinho é levado a outra cuba, aonde terminará de fermentar.

Nessa fase complementar, é necessário que na cuba haja um espaço pois há formação de espuma e para a saída de CO₂. Antes de ir para o vaso de fermentação, o bagaço é submetido a prensagem (AQUERONE, 2001).

Fermentação Malolática

Fermentação malolática é a terceira e última fase de fermentação, muitas vezes opcional por parte do produtor. Sua função principal é o aumento do pH do meio e a diminuição do teor ácido. O ácido málico que é dicarboxílico, é convertido num ácido menos violento, o ácido láctico monocarboxílico. Com isso o vinho ganha um sabor menos agressivo. Essa técnica pode variar de região para região, por exemplo, em regiões mais quentes o vinho ganha um sabor menos áspero devido ao pH ser função da temperatura e estar em níveis málicos aceitáveis ao paladar (JACKSON, 2008).

Fermentação malolática pode ser realizada por inoculação, durante a fermentação da levedura, um passo que deve ser verificado sempre, pois é necessário prevenir o desenvolvimento de bactérias e leveduras indesejáveis de outra espécie, que podem produzir algumas quantidades de acetaldeídos, o que é nada agradável (CABALLERO, 2016).

3.2.4. CORREÇÕES NO MOSTO

Como já mencionado, quando o teor alcóolico desejado não é atingido devido a uma baixa concentração de açúcar no mosto, é aderida a técnica de chaptalização. Ela é permitida em alguns países, porém em outros é vetado a utilização e a quantidade de sacarose a ser adicionada é predeterminada (CABALLERO, 2016).

Há também outros tipos de correções adicionais que é a adição de SO₂ ou Sulfitagem (quando os níveis de SO₂ produzidos estão ainda baixos) como é mais comumente conhecida, que permite um controle microbiológico mais eficiente. Porém a quantidade de dióxido de enxofre a ser adicionado tem de ser dosada, pois ele pode se ligar às moléculas de antocianinas e causar no vinho tinto uma descoloração (CABALLERO, 2016). A desacidificação é outra correção

importantíssima no mosto, que já fora discutida no tópico 3.2.3 “Fermentação Malolática”.

3.2.5. CONTROLE DE TEMPERATURA

A temperatura é um dos fatores que mais afetam o processo fermentativo. É um ponto chave no qual o enólogo deve focar sua atenção. A temperatura influencia diretamente no metabolismo e taxa de crescimento das leveduras. Temperaturas mais frias (abaixo de 20 °C) retardam o crescimento das leveduras e podem também atrasar o início da fermentação. Além de afetar o crescimento e sobrevivência das leveduras, a temperatura tem grande influência no metabolismo das mesmas. Temperaturas mais baixas podem causar uma retardação na taxa de fermentação e resultar na terminação prematura do processo. Temperaturas muito altas podem acarrear no que se conhece por fermentação emperrada, que causa uma disfunção nas enzimas de energia e função das membranas, que são características da levedura (JACKSON, 2008).

Na maioria das regiões produtoras de vinho branco, a preferência é manter a temperatura em torno de 15 a 20 °C. Já em algumas regiões europeias, a preferência é manter em torno de 20 a 25 °C. Já para vinhos tintos o ideal é que se mantenha a uma temperatura de 24 a 27 °C, que é, geralmente, um padrão. Temperaturas mais altas para tinto favorecem não só as antocianinas, como também o tanino das peles e sementes. (JACKSON, 2008). Para a maioria das leveduras um bom intervalo de temperatura é de 25 a 30 °C (AQUERONE, 2001).

3.2.6. ENVELHECIMENTO DE VINHO

Logo após a conclusão da fermentação, o vinho é drenado da cuba para o processo de envelhecimento. É um processo conhecido como corrida livre e os vinhos de luxo são feitos a partir dessa parte do processo. Logo a bebida já pronta é levada ou a um tanque/cuba onde irá passar alguns meses e depois engarrafados (esses vinhos são mais frutados e destinados a serem bebidos de

imediatos), ou então levados a barris de carvalho, onde passarão alguns meses ou anos, dependendo do potencial do vinho (MaCNEIL, 2015)

Um processo importante, antes da fase de envelhecimento é a *trasfega*. Antes de ser drenado da cuba, no vinho estão ainda algumas partículas sólidas em suspensão, sais menos solúveis, leveduras e outros microrganismos, que sedimentam e formam uma camada no fundo da cuba chamada *borra*. Essa *borra* tem de ser separada, antes do processo de envelhecimento, pois contém elementos que possuem potencial para reagir quimicamente e bioquimicamente, formando compostos de odores indesejáveis no vinho, como H_2S ou mercaptana (C_2H_5SH). O processo de separação dessa *borra* denomina-se *trasfega* e é essencial efetivá-lo antes do envelhecimento (AQUERONE, 2001).

Outra parte importante no processo de envelhecimento é a *clarificação*. É um procedimento utilizado para limpar o vinho, deixá-lo mais brilhante (CABALLERO, 2016). Esse processo é feito por uma técnica conhecida como *colagem*, na qual se utilizam produtos, chamados agentes clarificadores, que vão se unir a partículas sólidas de pigmentos e clarificam a bebida. Alguns exemplos de agentes clarificantes são: clara de ovo, uma proteína do leite chamada caseína, gelatina (feita de pele, tendão e músculos) e a *cola-de-peixe*, que é uma das substâncias derivada de bexigas de ar do peixe da espécie *esturção* (MaCNEIL, 2015).

3.2.7. ENGARRAFAMENTO

É a parte final do processo de produção. É um ponto muito rigoroso no controle de qualidade, pois deve verificar a ausência de qualquer tipo de mancha, seja em cortiça utilizada, tampa de rosca e garrafa. Deve-se garantir que o material utilizado seja esterilizado e enxaguado devidamente. O material deve estar em perfeitas condições. Rolhas usadas, por exemplo, devem ser de boa qualidade, ou então uma rolha sintética ou um selo de coroa (CONSIDINI, 2014).

Para garrafas há uma variedade de cores e formas. Muitos problemas ocorrem na vinificação devido à capacidade de proteger o vinho da luz. Uma garrafa de vidro branco por exemplo é uma boa opção quanto à reciclagem, porém não protege o vinho da incidência luminosa e induz à deterioração.

Garrafas de baixo peso reduzem o custo de transporte, e diminui a quantidade de carbono devido a questões ambientais (CABALLERO, 2016).

3.3. ANÁLISE CINÉTICA: FATORES QUE AFETAM A FERMENTAÇÃO

O desempenho do processo fermentativo é afetado por parâmetros operacionais que incluem: temperatura, concentração inicial do substrato (açúcar), concentração de microrganismos no meio, intensidade de agitação e dentre outros (LIMA, 2001 *apud* PINHEIRO, 2015).

3.3.1. TEMPERATURA

A temperatura no processo fermentativo é de essencial importância. Temperaturas mais baixas fazem com que haja um maior rendimento de álcool e a minimização da perda de produto por evaporação. A temperatura também afeta a cinética da reação. Existem determinadas faixas de temperaturas para que as leveduras metabolizem o álcool. Por exemplo, para vinhos tintos é necessário que se mantenha a temperatura numa faixa de 25 a 30 °C. Em vinhos brancos é ideal manter-se ao redor de 10 °C. (AQUERONE, 2001). Temperaturas abaixo ou acima das citadas fazem com que as leveduras não obtenham um bom desempenho.

3.3.2. CONCENTRAÇÃO DE AÇÚCAR

A concentração de açúcar está inteiramente ligada a produção de etanol. Acima de 20% de açúcar na composição do vinho, a fermentação é significativamente retardada, assim como a viabilidade da levedura e a diminuição da tolerância a álcool devido a um estresse osmótico. Outro fator importante é o açúcar em alta concentração, o que faz com que alguns compostos de sabores desagradáveis sejam produzidos em excesso, como gliceróis, ácido acético e ésteres de acetato. (CABALLERO, 2016). Como já mencionado, adição de açúcar (Chaptalização) é utilizada quando o potencial

alcoólico do vinho, devido à baixa concentração de açúcar, não atinge os valores estimados.

3.3.3. CONCENTRAÇÃO DE LEVEDURA

As leveduras estão presentes na superfície das uvas maduras e estão presentes no ar e na superfície das adegas. As leveduras presentes nas uvas transformam o açúcar em CO₂ e o vinho adquire seus sabores e aromas. Porém esse processo leva muito tempo, muitas vezes semanas. Utilizando apenas das leveduras disponíveis na fruta, o processo acaba se tornando muito lento. Se a fermentação demora muito para começar, o suco pode ser atacado por bactérias de deterioração e microrganismos. Para acabar com essas preocupações, muitos produtores aderem ao uso de certas estirpes de leveduras cultivadas, que podem se multiplicar a uma dada temperatura. A escolha por parte do enólogo, depende de quão rápido ele quer que a fermentação ocorra (MaCNEIL, 2015).

3.3.4. AERAÇÃO (AGITAÇÃO)

No estudo dos bio-reatores, agitação é de vital importância o estudo da agitação mecânica, uma vez que ela provoca uma melhor difusão nos componentes, fazendo com que aja uma maior taxa de transferência de massa (SHAH, 2009 *apud* PINHEIRO, 2015).

Com respeito a transferência de oxigênio em um fermentador, Banks (1977) *apud* Stanbury (1995), afirmou que a transferência assistida de oxigênio por agitação, acarreta em vários pontos de otimização:

- Agitação aumenta a área disponível para a transferência de oxigênio, dispersando o ar no fluido sob forma de pequenas bolhas;
- Agitação atrasa a fuga de bolhas de ar do líquido;
- Agitação impede a coalescência de bolhas de ar;
- Agitação diminui a espessura do filme de líquido na interface gás-líquido criando uma maior turbulência no fluido em fermentação;

4. METODOLOGIA

Com respeito procedimento experimental, iremos expor cada etapa detalhadamente, abordando os pontos positivos e negativos a respeito da produção e as dificuldades de cada etapa, caso aja.

4.1. MATERIAL UTILIZADO

Na Tabela 1 está representado os insumos utilizados na produção.

Tabela 1: Material utilizado na produção

Material Utilizado	Adquirido	Quantidade
Uva Isabel	CEASA/RN	12 kg
Açúcar Refinado	Rede Ideal de Supermercados - Assu/RN	2 kg
Levedura <i>Saccharomyces Sereviciae</i>	Mercado Livre	5 g
Barril de carvalho de 5 L	Distribuidora BH - Belo Horizonte/MG	1 un.
Cortiças	Mercado Livre	5 un.
Galão de 15 L	Vale Rações – Assu/RN	1 un.

Fonte: Autoria própria, 2018

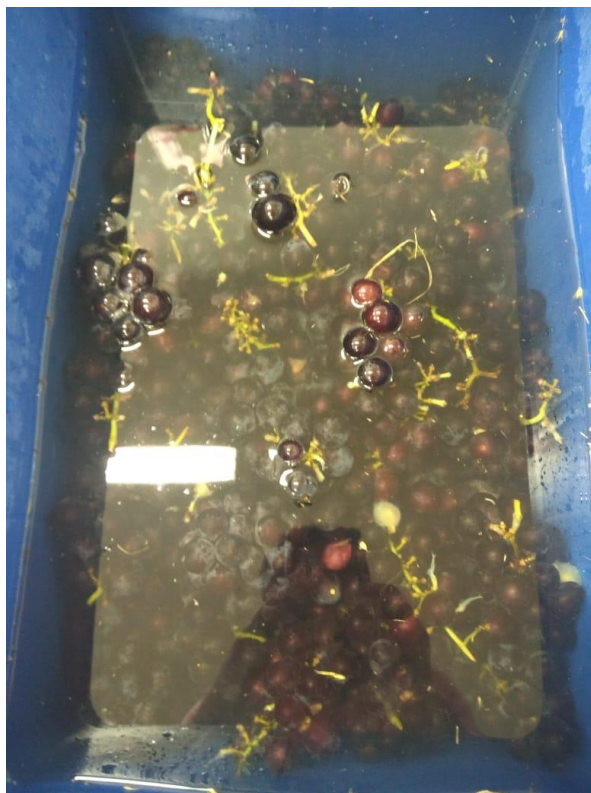
4.2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

4.2.1. ENXAGUE E SEPARAÇÃO

Antes de mais nada, foi-se necessário ser feita a higienização da fruta. Os 12 kg de uva do tipo Isabel que foram utilizados, foram postos em banho enxaguante para remover partícula finas e quaisquer tipos de resíduos que estivessem presentes nos chachos. Uma lavagem mais rigorosas não pode ser utilizada, pois a levedura está presente ao longo da casca da fruta, e poderia

causar a sua remoção. O banho foi feito em uma caixa térmica que possui espaço suficiente para comportá-las, como mostra na Figura 6:

Figura 6: Enxague das uvas



Fonte: Autoria própria, 2018

Após deixa-las descansar em torno de meia hora, foi feita a separação das mesmas. Nem todas as uvas nos engaços são utilizáveis para a fabricação. Muitas delas estão estragadas, são imaturas, estão machucadas ou então são verdes por motivos da safra. Então fora feita uma separação minuciosa das mesmas, até que se atingisse um padrão nos cachos. Os engaços não são necessários para a fermentação, então eles foram retirados apenas depois da fase de esmagamento, pois separar as uvas por unidades de suas vias não só é trabalhoso, como atrapalha na hora de extrair o suco. Nas figuras 7 e 8 são apresentadas todas as uvas indesejáveis e o padrão atingido após o desbulho, respectivamente.

É importante manter o controle de qualidade com respeito aos insumos a serem utilizados. Uvas estragadas podem conter fungos que podem se

reproduzir e por em risco o lote. Uvas verdes ou imaturas podem ser amargas demais e conceber ao vinho sabores desagradáveis.

Figura 7: Uvas que foram descartadas



Fonte: Autoria própria, 2018

Figura 8: Modelos dos cachos padronizados



Fonte: Autoria própria, 2018

4.2.2. ESMAGAMENTO E DESENGAÇAMENTO

Com as uvas já higienizadas e separadas devidamente, deu-se início a fase de esmagamento, que é a remoção do suco das uvas. Ela fora feita com o

auxílio de uma panela de alumínio de 8 litros para receber o suco e um peneira grossa para escorrer arroz, como mostra na Figura 9.

Figura 9: Coadeira e recipiente coletor



Fonte: Autoria própria, 2018

Nesse processo tem que se levar em consideração alguns pontos como a extração mais completa possível de suco e o cuidado para não esmagar sementes e o engaço. O engaço e sementes contém um uma concentração muito elevada de tanino, o que em excesso estraga o paladar. As fábricas costumam usar uma máquina chamada desengaçadeira para separar os cachos e esmagadeiras modernas para extrair o suco. Porém como estávamos deficientes com respeito a recursos tecnológicos, toda essa etapa fora realizada manualmente. Lembrando, sempre com o auxílio de um avental e luvas descartáveis.

É necessário, a nível industrial, que se tenha o cuidado de não espremer os engaços e as sementes devido a presença dos compostos fenólicos. Porém como o processo fora feito manualmente, as chances desse risco se efetivar foram bem baixas. Outro detalhe que merece atenção, é um bom rendimento ao extrair o sumo. Esmagadeiras são bem mais eficientes do que a velha prática manufatureira. O estimado é que 1,5 a 2 kg de uva (dependendo da safra e

maturidade) são necessárias para extrair 1 litro de suco. O rendimento para os 12 kg utilizados foram 5 litros, que era a nossa meta inicialmente. Como mostra as Figuras 10 e 11, estão o bagaço resultante do esmagamento: peles, polpa e sementes (que é o nosso esperado mosto) e os cachos, respectivamente.

Figura 10: O Mosto



Fonte: Autoria própria, 2018

Figura 11: Parte dos engaços retirados



Fonte: Autoria própria, 2018

A extração de suco fora bem sucedida. Os engaços não apresentaram indicação de danos, pelo fato de o grau de esmagamento ter sido leve. As uvas utilizadas apresentavam-se bem robustas e succulentas. Uma boa extração de suco é necessária com respeito a custos financeiros. Porém isso implica diretamente em outra etapa, que é a quantidade de açúcar presente na composição. Uvas muito aguadas, fazem com que os açúcares presentes na

composição da fruta estejam muito diluídos e isso implicará em uma futura chaptalização.

4.2.3. FERMENTAÇÃO

Na fase de esmagamento, ao passo que o mosto ia sendo produzido, em partes, dependendo da capacidade da peneira, ele ia sendo depositado em um galão de 15 litros, aonde foi a nossa cuba de fermentação, onde iria ocorrer a primeira fase da reação: a fermentação turbulenta. O suco extraído também foi depositado no recipiente, pois o máximo de corantes, tanino e açúcares, que estão presentes em grande parte do mosto, seria extraído pela parte fluida. E na fermentação violenta, a maior parte dos açúcares é convertido em etanol e CO₂. No mesmo fora acoplado na tampa da cuba uma mangueira que serviria para a promover a vazão de gases gerados, aonde estaria depositada em uma proveta com água para se ter o controle. E foi verificado a certeza do recipiente estar hermeticamente fechado, pois a introdução de ar no recipiente poderia acarretar na oxidação do etanol produzido e na geração de ácido acético, comumente conhecido como o principal componente do vinagre. Na Figura 12, está representado a nossa cuba de fermentação de 15 litros.

Figura 12: Cuba de fermentação



Fonte: Autoria própria, 2018

Essa é a parte da fermentação que tem que se aderir a alguns cuidados especiais e análises. Essa fase começou exatamente no dia 11/07/2018, às 12:00 hrs, aproximadamente. Nessa parte, a fermentação ocorre de uma forma violenta e a temperatura do mosto sobe. Devido a geração de gás carbônico, o bagaço flutuou para a superfície até que ficou estável devido à alta pressão de CO₂. É o fenômeno chapéu de bagaço da fermentação tumultuosa. O resultado foi como esperado. Esse é o sinal definitivo de que a fermentação havia começado. O bagaço flutuante está representado na Figura 13.

Figura 13: O mosto que subiu a superfície fluida



Fonte: Autoria própria, 2018

Nas bordas da cuba, pode-se verificar levemente que há resquícios de alguma substância condensada. Isso é característico do gradiente de temperatura elevar-se ao longo do processo. As variáveis termodinâmicas como temperatura e pressão são altamente influenciadas pela reação de formação.

A parti daí, foi-se determinado que o vinho permaneceria na cuba por cinco dias, a partir do dia 11/07. Durante esses cinco dias, um processo de mistura diário, repetido duas vezes por dia, era necessário, pois os componentes vitais para a formação da bebida estão contidos no mosto, e como o mesmo

encontrava-se na superfície, foi-se necessário a mistura da parte sólida com a líquida.

No decorrer dos dias, fora feita a mistura do mosto com o vinho já sendo formado. Nessa parte do processo, a cuba permaneceu em um quarto fechado aonde não se tinha muita passagem de ar, devido ao oxigênio excessivo. A agitação também influencia na levedura devido ser um microrganismo vivo, ela necessita de respirar. Quase todo o processo fora conduzido de maneira anaeróbica, ou seja sem a presença de ar. Então a aeração e agitação são necessários.

Ao término dos cinco dias estimados para o fim da fermentação turbulenta, algumas medições foram necessárias, como a tomada de grau Brix e a densidade relativa da bebida. O dia era 16/07 e era o dia de se separar a parte sólida da parte líquida para prosseguir para a fermentação complementar. O grau Brix é medido com um aparelho chamado Refratômetro. Ele mede a quantidade de açúcar numa substância devido a refração da luz que é afetada pela molécula de glicose presente na substância. Daí o suco teria de ser coado e transferido para o fermentador, para tal. Com o auxílio de uma peneira fina o suco fora coado e transferido para a cuba fermentativa: um barril de madeira de carvalho com porte para cinco litros. Na Figura 14 é apresentado o fermentador e ele próprio com um funil de vidro acoplado, que serviu para a injeção da bebida no mesmo.

Figura 14: O fermentador barril de carvalho e funil acoplado



Fonte: Autoria própria, 2018

Após a transferência do mosto para o barril, a fase de fermentação complementar iria começar. O álcool iria ser metabolizado a partir dos açúcares presentes no mosto e iria ocorrer a liberação de gás carbônico. Então, um esquema de indicador de vazão de gases igual ao da cuba teve de ser montado. Na Figura 15, pode-se ver o resultado:

Figura 15: Mangueira promotora para a vazão de CO₂



Fonte: Autoria própria, 2018

Como a nossa intenção era fazer uma chaptalização a fim de atingir o teor alcoólico desejado, precisávamos da tomada do grau de açúcar no mosto. Existe uma relação empírica entre o teor de açúcar presente na bebida (que é o conhecido grau Brix) e entre o teor de alcoólico. Poderíamos saber a quantidade de açúcar a ser adicionada uma vez tendo o conhecimento do grau Brix inicial. Pois sabendo essa informação, através de uma relação, teríamos como determinar o teor alcoólico naquela ocasião, e sabendo do potencial alcoólico a ser atingido, saberíamos a quantidade de açúcar também por alguma tabela, pois ambas as grandezas estão relacionadas.

Em Considini, John A., “A Complete Guid to Wine and Produce” p. 140, encontra-se uma tabela com dados experimentais que relacionam o grau Brix e teor alcoólico além de outras grandezas. Eles são relacionados da seguinte forma: Tendo o conhecimento do grau Brix, pode-se saber a quantidade de

sacarose presente na solução em questão e através dela, determinar o teor alcoólico, através de relação estabelecida de pela Legislação Americana de que 16,83 g/L de sacarose equivalem a 1mL/100mL de álcool.

De acordo com a Tabela 10.2, Considine, 2014, p. 140, escolhemos 4 dados para °Brix e Quantidade de Sacarose, em um intervalo que satisfizesse os resultados propostos. A Tabela 2, mostra os dados recolhidos e os detalhes de uma regressão linear:

Tabela 2: Concentração de açúcar em função do grau Brix

Descrição				
Grau Brix/(°BX)	14	15	16	17
Sacarose /(g/mL)	125,1	136	147	158,1
Equação:	$\rho_{(^{\circ}Brix)} = 11. ^{\circ}Brix - 28,95$ (1)			
Resíduo Quadrado:	$r = 0,999991735$			

Fonte: Autoria própria, 2018

A Equação (1) expressa a quantidade de açúcar em função do grau Brix. Com ela é possível estimar a quantidade de açúcar para atingir um determinado potencial alcoólico, quando o grau Brix for equivalente a estas duas medidas. Vale ressaltar que o resultados serão precisos dentro dessa mesma faixa de pontos estabelecida, a qual foi feita a regressão.

Com um refratômetro, o grau fora determinado o grau Brix e podemos aplicar o valor obtido na fórmula para saber a quantidade de açúcar inicial, que fora apenas o intuito da regressão. A tabela do livro em questão apresenta dados a partir de 14 graus Brix. Com o refratômetro foi determinado 4,8 °BX. O resultado do teor de açúcar obtido ao aplicar esse valor na equação poderia apresenta-se grotesco, com respeito os limites da regressão. Isso se chama extrapolação, pois para um valor menor ou maior além dos limites da regressão, a tendência é o aumento do erro. Em outras palavras, é conveniente que os valores sejam calculados dentro da faixa da regressão, caso contrário, os resultados se afastarão da realidade. Para os 4 dados utilizados o nosso resíduo quadrado, “r”, que como podem ver na Tabela 1, nos mostra que 99,999% da variável Y é bem explicitado pela variável X. Isto é, os valores, mesmo dentro do

intervalo, são bem estimados pela equação. O que nos dá uma maior segurança ao estimar um valor que se afasta quase 10 pontos dos limites da regressão.

Então, com a quantidade de açúcar atual e tendo conhecimento da quantidade final açúcar para um determinado potencial alcóolico, simplesmente basta fazer a diferença entre esses dois valores, e tendo as volume da solução, a quantidade de açúcar a ser chaptalizada é fácil de ser determinada. Na Tabela 3, podemos as variáveis calculadas.

Tabela 3: Cálculos para a chaptalização da bebida

Descrição	Valores Iniciais	Valores Finais
Grau Brix/ (°BX)	4,8	24
$\rho(^{\circ}Brix) / (g/L)$ - Açúcar	23,85	238,2
Teor Alcólico/(mL.AE/100mL)	1,42	14,15
Massa de açúcar/(g)	119,25	1191
Massa a ser adicionada/(g)	*****	1071,75

Fonte: Autoria própria, 2018

Vale lembrar que o grau Brix final, 24° BX, não precisou ser lançado na equação para estimar a sacarose, já que ambas as informações estavam disponíveis nos dados da tabela do livro em questão.

Após a determinação de que seriam utilizados 1071,75 gramas de açúcar, o conteúdo que estava dentro do barril foi drenado para ser feita a chaptalização. O açúcar foi medido sob precisão numa balança, e depois misturado da seguinte forma: Uma certa quantidade era umedecida com um pouco da própria bebida até que formasse uma substância viscosa, uma pasta. Então ia sendo aos poucos chaptalizado o vinho para facilitar a diluição. O açúcar utilizado fora açúcar refinado, em que seus cristais são mais finos, facilitando ainda mais a diluição. Como ainda o conteúdo estava com partes bem rústicas (semelhante a pequenas pedras de açúcar), antes foi pulverizado com o auxílio de uma colher de madeira.

Após a conclusão desse passo, o vinho estava chaptalizado. Então estava pronto para ir para a próxima fase: a fermentação complementar. Mais açúcar havia sido adicionada. Logo a fermentação iria continuar. Porém apenas com as

leveduras presentes na uva, o processo seria lento. Então as 5 g de levedura da espécie *Saccharomyces Cerevisiae* foram inoculadas. A espécie foi escolhida devido ao fato de ser uma espécie comumente usada e por questões financeiras. Na Figura 16, mostra a embalagem da levedura utilizada.

Figura 16: Levedura utilizada na inoculação



Fonte: MERCADO LIVRE, 2018

Para a inoculação da levedura, foi necessária a hidratação da mesma. As 5 g de levedura foram hidratadas com 100 mL de água previamente fervida, por questões de esterilização, onde a temperatura esteve próxima dos 43° C, seguindo as recomendações da embalagem em questão. A Figura 17 mostra a inoculação da levedura.

Figura 17: Inoculação da levedura



Fonte: Autoria própria, 2018

A partir daí, o vinho foi novamente posto de volta no barril, finalizado no mesmo esquema da Figura 15. A partir daí, a fermentação complementar teve início. Nela, os açúcares em sua totalidade (açúcares remanescentes da fermentação tumultuosa e o adicional da chaptalização) iriam ser convertidos em álcool. O processo total durou cinquenta dias. No quinquagésimo dia, 30/08, o envase foi realizado.

4.2.4. ENVASE

A etapa do envase foi realizada após a estimativa do teor de açúcar final, 14,9° BX. No recipiente fermentativo, estava contido ainda alguns resíduos provenientes das primeiras etapas. Porém, o vinho é um fluido muito leve, sua densidade é muito próxima da densidade da água e sua viscosidade é muito baixa. Então esses resíduos decantam facilmente com o passar de pouco tempo.

Para envazar o vinho, foi utilizado uma mangueira para sugar a bebida e para criar uma sucção inicial, utilizamos uma bomba de vácuo. Muito cuidado foi tomado para não provocar agitação no barril e assim a difusão dos resíduos. Nem mesmo a mangueira foi posta até o fundo da cuba. Após o envase do vinho, 5 garrafas de 750 ml foram preenchidas, antes de serem esterilizadas em água

fervente e álcool. Semelhantemente as cortiças também passaram pelo mesmo procedimento. A Figura 18 mostra uma garrafa envazada.

Figura 18: Garrafa envazada



Fonte: Autoria própria, 2018

. O diâmetro das cortiças eram um pouco maior que o diâmetro do gargalo, então elas tiveram que passar por um processo de raspagem, para conformá-las ao diâmetro do gargalo.

5. RESULTADOS E DISCURSÃO

5.1. ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO

Durante todo o processo de produção, desde a etapa de preparação do mosto até a fase de envase, todo o cuidado com respeito a higienização teve de ser tomado, pois se trata de um produto destinado ao consumo, logo alguns padrões tiveram que ser obedecidos. Isso inclui a esterilização dos insumos e material utilizado. A cada medição, o material a ser utilizado era lavado devidamente com detergente e água destilada, e antes de cada medição, enxaguado com água destilada. Vale ressaltar, que todo o material utilizado com respeito as vidrarias utilizadas nas medições e análises, é estéril, ou seja, não havia sido utilizado em nenhum tipo de medição, e todos foram cedidos pelo Laboratório de Química da UFERSA, campus Angicos/RN.

Durante a fase de fermentação turbulenta, observou-se a necessidade de manter uma agitação de pelo menos duas vezes ao dia. Todo o açúcar e tanino estão presentes na casca da uva, além dos corantes. Foi importante manter essa constância diária pois isso provocou uma boa maceração das cascas. Na ausência de um sistema de agitação mais avançado, o trabalho fora feito manualmente.

Ao passo que a fermentação ia avançando ao longo dos dias, o paladar apontou um certo amargor e capacidade alcóolica. Também fora observado que ao longo dessa etapa, houve a formação de um condensado nas bordas da cuba, como mostra a Figura 19. Esse condensado é o produto da evaporação de algumas substâncias voláteis que reagiram ao longo da fermentação, devido ao evidente fato de que a temperatura do mosto cresce nesta fase. Os condensados e o teor amargo e alcóolico do produto já em formação evidenciam que a fermentação havia começado de fato, como também a formação do chapéu de bagaço.

Figura 19: Fluidos condensados da reação nas paredes da cuba



Fonte: Autoria própria, 2018

A tomada de grau Brix é um fator indispensável no acompanhamento da produção. É necessário que ao passo em que a fermentação evolui, a quantidade de açúcar seja determinada pois isso influencia diretamente no teor alcoólico. No último dia da fermentação tumultuosa, era necessário fazer essa medição, porém o refratômetro ainda não havia sido entregue, após a sua compra. Então necessitou-se calcular manualmente esse parâmetro.

Para isso, era necessário medir-se a densidade da substância para utilizar em alguma equação matemática, que relacionasse grau Brix e densidade. Para isso, foi recolhido em duas provetas de 10 mL, amostras de 8 mL do suco já coado e introduzido no fermentador. Porém como o coamento não foi tão efetivo, ainda havia sedimentos nas amostras, o que prejudicaria na medição de massa com uma balança precisa, além de causar obstrução na passagem de fluidos na hora de fazer a medição com vidrarias como pipetas. Então as amostras foram submetidas a um processo de centrifugação a 1600 RPM e 20 minutos. Na figura 20 estão exemplo de amostras centrifugadas.

Figura 20: Amostras submetidas ao processo de centrifugação



Fonte: Autoria própria, 2018

Logo, foi calculado a densidade da duas amostras, como podemos observar na Tabela 4.

Tabela 4: Primeira bateria de medidas de densidade

Dados	Amostra 1	Amostra 2
Massa/(g)	7,301	7,345
Volume/(mL)	8	8
SG	0,912625	0,918125

Fonte: Autoria própria, 2018

Os valores das densidades estavam muito abaixo da densidade da água, o que era muito contraditório, já que mais de 1 kg de açúcar havia sido diluído. Logo essa bateria foi descartada quando constatado um erro sistemático. Na química analítica existe a definição de precisão e exatidão. A precisão mostra o quanto as medidas estão próximas umas das outras e exatidão mostra o quão próximo do valor real as medidas estão. Atendendo a esses conceitos, uma proveta não exata e nada precisa.

Seguindo essa linha, buscamos realizar uma nova bateria, que tiveram seus volumes medidos com uma pipeta graduada. As amostras 3, 4 e 5 podem ser observadas na Tabela 5:

Tabela 5: Segunda bateria de medida de densidade

Dados	Amostra 3	Amostra 4	Amostra 5
Massa/(g)	5,9870	4,9617	0,45
Volume/(mL)	6	5	0,5
SG	0,99717	0,99234	0,9

Fonte: Autoria própria, 2018

Essa bateria também foi descartada, devido aos grotescos desvios de valores. Os dias 16 e 17 não foi possível a determinação do grau Brix devido aos erros de medição. No dia 18 (dois dias após a introdução do vinho no barril) obtivemos acesso ao refratômetro. Fazendo a análise, foi determinado que o grau Brix era: 4,8 e SG: 1,019.

Para a certeza absoluta de que o valor medido estava coerente, uma outra análise manual de densidade foi realizada. Logo notou-se a importância de se usar os equipamentos adequados, pois foi observado que conforme um menor volume era utilizado para ser pesado, o erro aumentava significativamente. Isso se dá a uma série de fatores como uma quantidade muito pequena para a balança de precisão, algumas partes da substância aderem-se às paredes do duto e muitas vezes a última não sai. Com isso, aumentando o volume de medição com equipamentos precisos como pipetas, a probabilidade de erros diminui. Logo utilizamos uma pipeta volumétrica de 10 mL, pois tem volume fixo. E fazendo os devidos cálculos, podemos observar o resultado obtido na Tabela 6:

Tabela 6: Terceira bateria de medida de densidade

Dados	Amostra 6
Massa/(g)	1,01
Volume/(mL)	10
SG	1,01

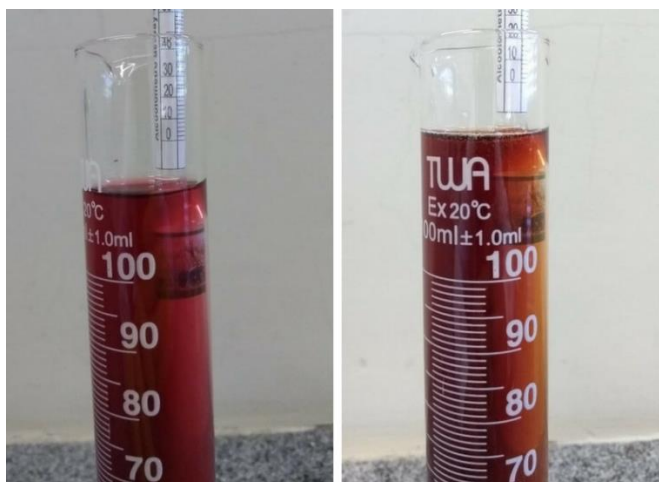
Fonte: Autoria própria

O valor de densidade apresentou-se muito próximo do calculado no refratômetro. Um valor mais considerável não pode ser atingido devido a última das últimas gotas na pipeta não ter saído.

A tomada de grau Brix era o próximo parâmetro a ser analisado, pois ele determina se a bebida está a fermentar ou não. Discutiremos esse quesito mais a frente. Outro ponto importante é a tomada de temperatura de fermentação, que será discutida em 5.2.4., Análise Cinética.

Com o avanço da fermentação foi-se notando um leve teor alcóolico nas baforadas e uma medição teve de ser feita, pois era o décimo primeiro dia de fermentação e é considerado o pico de fermentação. Escolhemos determinar esse teor com um equipamento chamado alcolômetro, que mede o potencial alcóolico em graus Gay-Lussac (o valor é dado em porcentagem). Fazendo a medição observou-se que a marcação estava abaixo de zero, na escala o equipamento. Comparamos essa medida com um teste feito em um álcool 70% e a diferença de resultados foi absurda. A Figura 21 mostra a diferença entre as medições feitas entre o nosso vinho (a direita da foto) e um vinho comercial genérico (a esquerda) escolhido para a comparação.

Figura 21: Medições do potencial alcóolico realizadas nas amostras do nosso produto e um vinho industrial

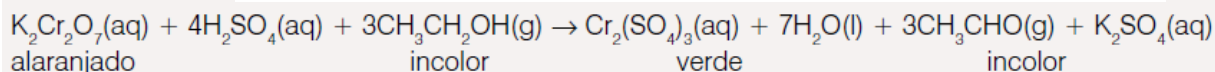


Fonte: Autoria própria, 2018

Como o alcolômetro não apontava a quantidade de álcool, uma amostra foi submetida a uma prática para a determinação de álcool em uma substância. A Figura 22 mostra a reação química alcolômetra, que ocorre nos conhecidos

bafômetros, aparelhos utilizados pelas autoridades policiais para determinar o nível de álcool em motoristas. Nela, etanol (incolor) reage com dicromato de potássio (alaranjado) em meio ácido para gerar etanal (incolor), um aldeído, e sulfato de cromo III (verde).

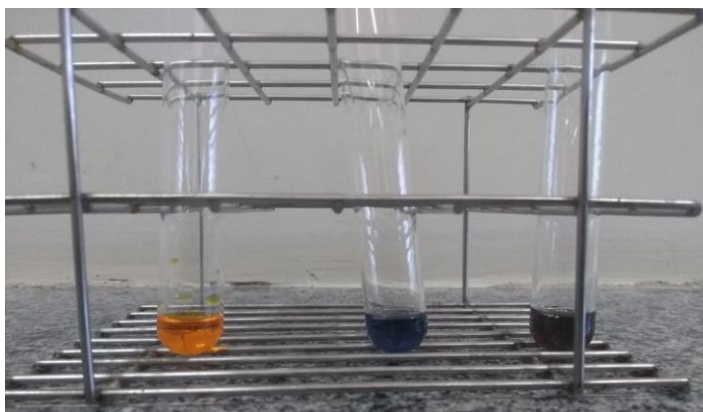
Figura 22: Reação química do teor alcóolico ocorrida em um bafômetro



Fonte: BRAATHEN, 1997

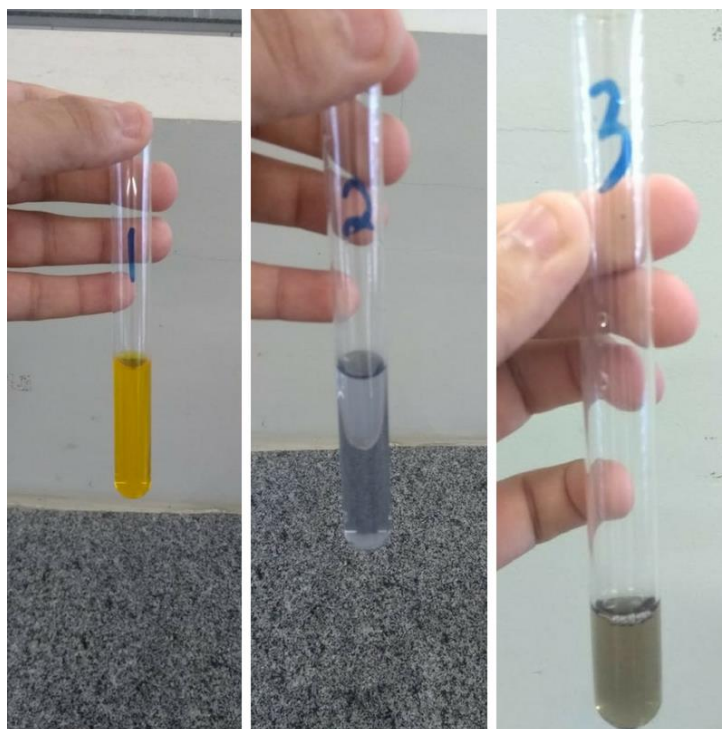
Em três tubos de ensaio foram pipetados 5 gotas de dicromato e 10 gotas de ácido sulfúrico. No Tubo 2 10 gotas de álcool 70% foram misturadas e no Tubo 3, 10 gotas do nosso vinho. No Tubo 2 a coloração começou esverdeada e logo passou para uma cor azul escuro. Concluimos que isso se deve o álcool industrial ser muito concentrado e a quantidade de reagentes utilizadas não estavam em proporção, pois nessa reação, quanto mais intensa for a quantidade de álcool mais intensa será a coloração verde, podendo até mudar de faixa. No Tubo 3, a coloração permaneceu esverdeada, o que podemos concluir que havia álcool no Vinho. A Figura 23 mostra as substâncias reagidas. E a Figura 24, mostra uma diluição em água destilada para melhorar a visualização. O Tubo 1, está contido apenas dicromato e ácido sulfúrico, para representar os reagentes antes da reação e a forte cor alaranjada do dicromato de potássio.

Figura 23: Etapas da reação química para a obtenção do teor alcóolico



Fonte: Autoria própria, 2018

Figura 24: Substâncias diluídas



Fonte: Autoria própria, 2018

Como já havia sido determinado a presença de álcool na bebida, a medida final do teor poderia ser feita sem preocupações. E conforme a fermentação ia avançando a análise de grau Brix era realizada. Para essa análise, foi necessário a utilização de um aparelho chamado refratômetro, como mostra a Figura 25.

Figura 25: O refratômetro de luz



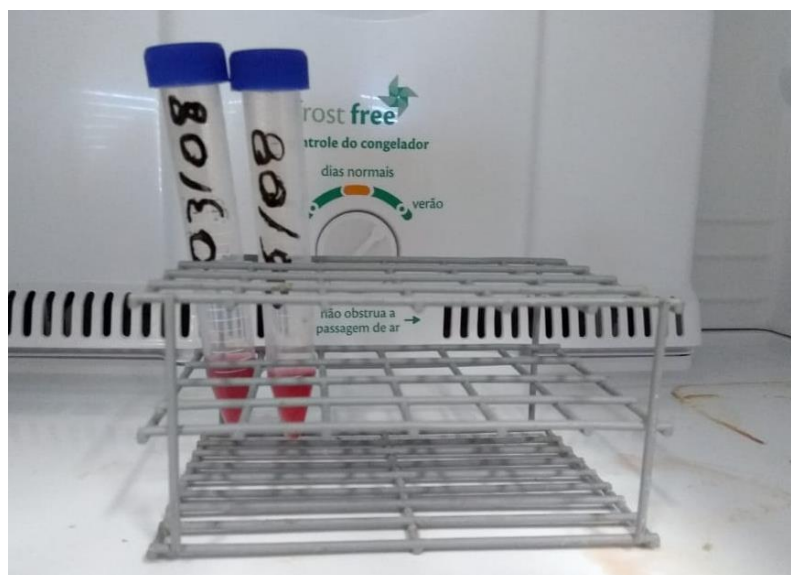
Fonte: Autoria própria, 2018

Estima-se que o pique de fermentação se dá nos primeiros dias. É importante saber também, que o processo de chaptalização fora feita no dia 19/07, ao invés da data mais correta que seria no dia 16, dia em que a primeira

descubra ocorreu. Esse imprevisto se deu pelo fato de ainda não se ter o refratômetro em posse devido a espera pela entrega da agência de cartas que é imprevisível, o tempo disponível para a implementação do procedimento experimental e alguns erros na parte de medição, que já foram discutidos.

Então com a chegada do aparato, cerca de duas semanas após a chaptalização, podemos começar a medições. A partir do dia 01/08 as medições passaram serem feitas. Nos dias em que não havia disponibilidade para dedicar tempo as medições, algumas amostras eram resfriadas, pois a temperatura para a vinificação em tinto é de 25 a 30° C, logo uma temperatura muito abaixo destes limites interromperia a ação das leveduras. Na Figura 26 estão exemplos das amostras recolhidas.

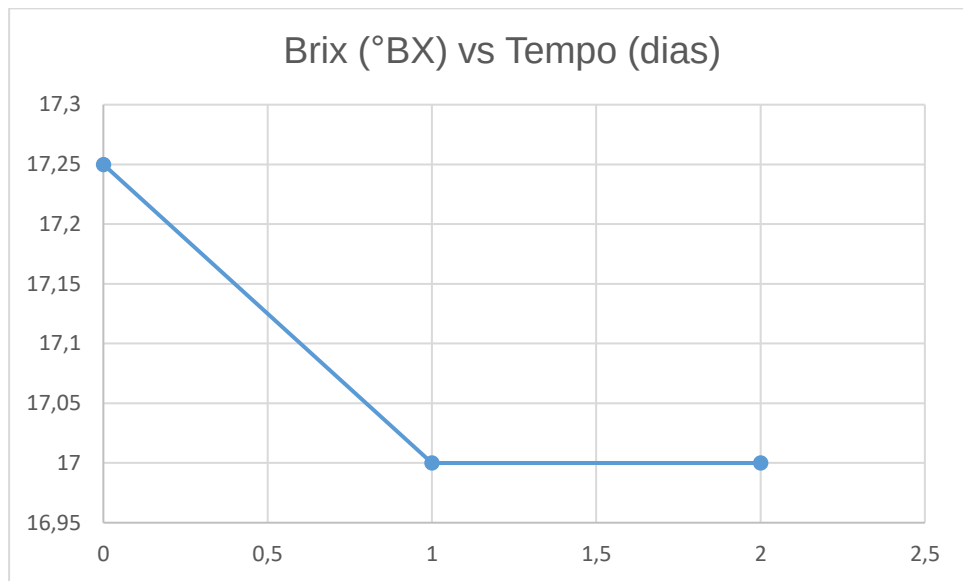
Figura 26: Amostras submetidas ao resfriamento



Fonte: Autoria própria, 2018

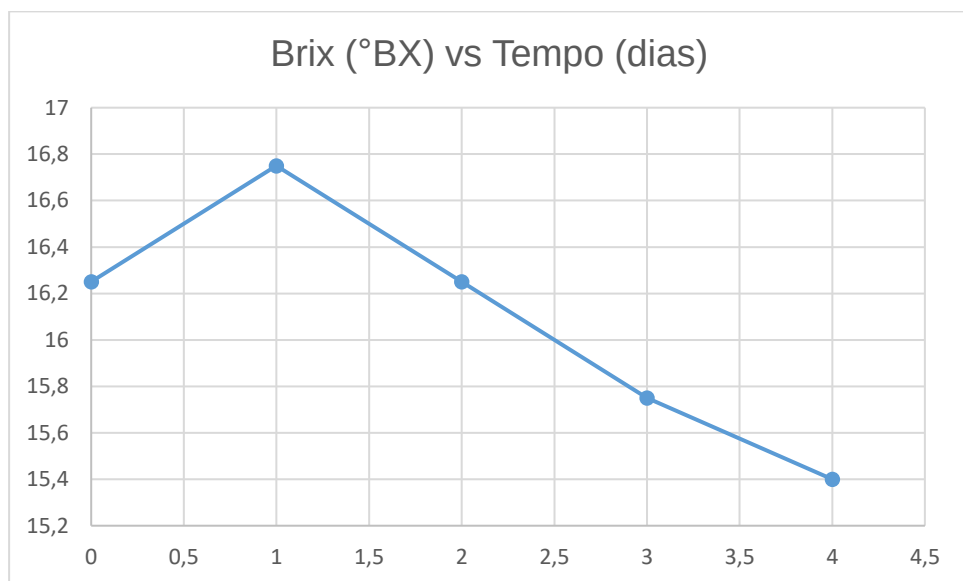
Do dia 01 ao 17/08 as devidas medidas foram tomadas, com exceção dos fins de semana, onde não se tinha acesso a universidade por questões de locomoção. Por questões técnicas em se manter a linearidade do gráfico com o avanço dos dias, três gráficos foram montados, como mostra Nos Gráficos 1, 2 e 3, expressando Grau Brix em função de Tempo de Fermentação, excluindo os fins de semana. Os Gráficos 2 e 3 são duas semanas completas, enquanto o Gráfico 1, apenas três dias de uma semana.

Gráfico 1: Gráfico da evolução de grau Brix dias 01 à 03/08



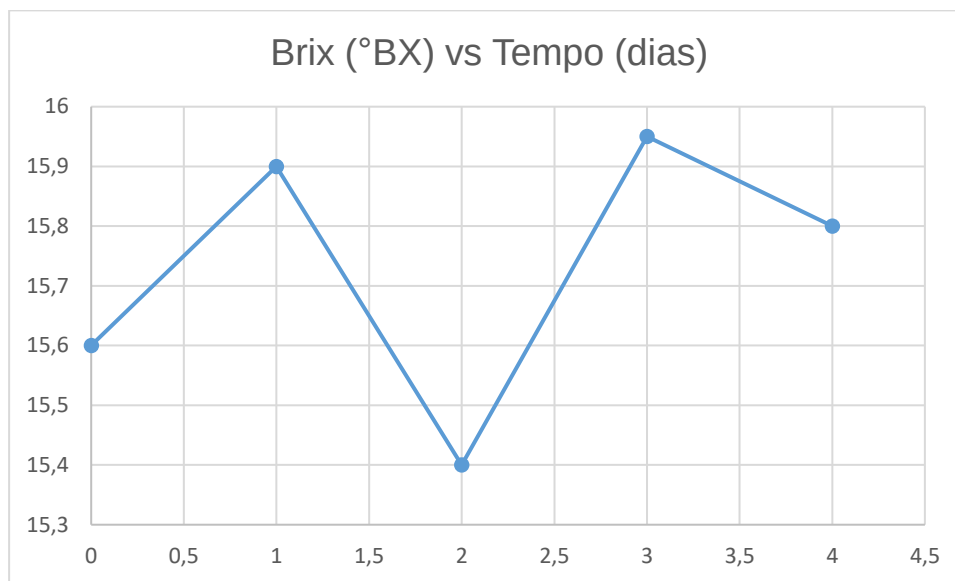
Fonte: Autoria própria, 2018

Gráfico 2: Gráfico de evolução de grau Brix dias 06 à 10/08



Fonte: Autoria própria, 2018

Gráfico 3: Gráfico de evolução de grau Brix dias 13 à 17/08



Fonte: Autoria própria, 2018

O comportamento dos gráficos não atendeu aos expectativas, pois esperava-se um comportamento linear decrescente. Isso porque a medida com que o tempo passa, a tendência é a queda do teor de açúcar, não o seu aumento. Após um análise investigativa e a medição de um dado, fora constatado erro de medição. As tomadas de grau Brix são ideais quando medidas a 20° C, pois é a temperatura em que escala do aparelho está calibrada. As medidas eram realizadas com o produto retirado diretamente do barril, aonde a temperatura estava sempre superior e 25° C. As amostras resfriadas eram postas a entrar em equilíbrio térmico com a atmosfera ambiente. Então concluímos que a temperatura afeta em tamanha proporção a tomada de grau de açúcar, além de o refratômetro apresentar um desvio em sua linha demarcação na escala do aparelho, devido a haver álcool na composição da bebida.

Uma das amostras foi medida acidentalmente quando ainda estava com baixo grau de temperatura e tempo depois medido novamente para verificar a certeza da medição. Logo, com temperaturas diferentes, a discrepância nos resultados foi observada. Isso se deve pois o grau Brix é relacionado com a medida de graus Baumé através de proporções equivalentes, uma vez que esta última grandeza é função da densidade do líquido através da fórmula na Figura 27. Logo a temperatura afeta a densidade de substâncias dilatando o volume.

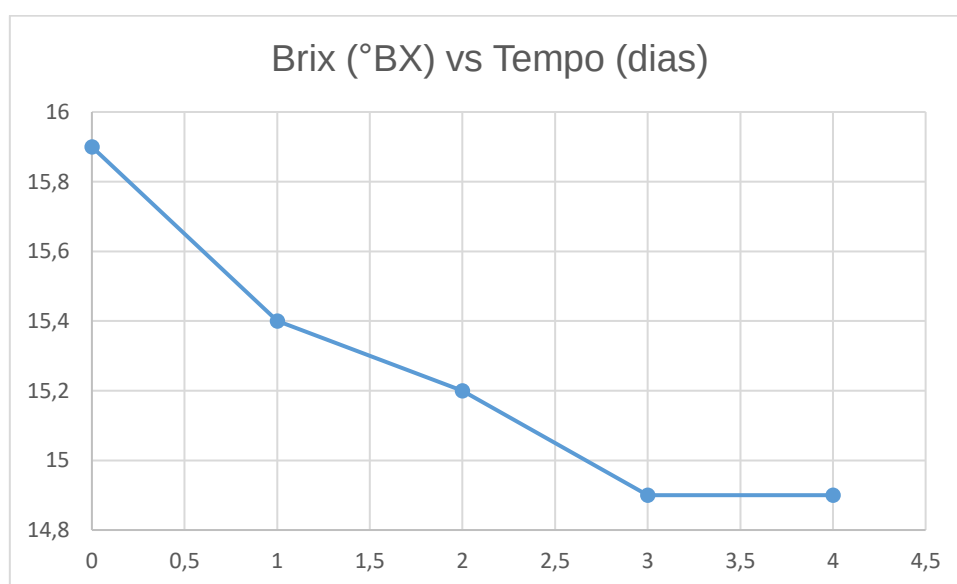
Figura 27: Equação para a determinação de graus Baumé

$$\text{Baumé } (20^{\circ} \text{C}) = 145 - 145/d^{20}$$

Fonte: CONSIDINI, 2014

Do dia 20 ao dia 24/08, uma tomada foi feita, porém todas com amostras arrefecidas e a 20° C. O resultado pode ser visto na Gráfico 4.

Gráfico 4: Gráfico de evolução de grau Brix dias 20 à 24/08



Fonte: Autoria própria, 2018

Evidenciou-se então, a necessidade de fazer a medida de grau de açúcar em suas devidas especificações. Vale salientar que nas últimas duas semanas de fermentação, o indicador de vazão de CO₂ (mangueira acoplada na proveta), não apresentava borbulha tão intensa como nos primeiros dias. Isso mostrava que a fermentação estava passando ao seu estágio final.

O trecho constante no Gráfico 4 difere do trecho constante do Gráfico 1 em dois aspectos: Primeiramente foi constatado os erros de medição. Logo aquelas medidas não eram precisas nem exatas, diferente das últimas medições que foram feitas a 20° C. E em segundo lugar, a intensidade na reação nas primeiras medidas era muito alta, visto que nos últimos dias, o indicador de vazão permanecia quase que inerte. Podemos incluir também, o fato de que a última medida, do dia 24/08, fora feita três dias depois, no dia 27/08 e permaneceu em

torno de 14,9º BX como no dia 23/08, o que concluímos que a reação estava na eminência de se estagnar e este seria o nosso grau Brix final.

5.2. ANÁLISE CINÉTICA

Vários fatores influenciam na fermentação alcoólica. E esses fatores que podem incluir variáveis termodinâmicas, afetam a cinética de reação. Então uma análise foi feita para cada um dos parâmetros no decorrer da vinificação.

5.2.1. CONCENTRAÇÃO DE AÇÚCAR

A quantidade de açúcar influencia grandemente da velocidade da reação. Uvas mais doces não tem necessidade de chaptalização e o mosto fermentará naturalmente. O sucesso da fermentação depende da quantidade de açúcar no substrato. Um bom exemplo é o vinho do Porto, em que Jackson, Ronald S. (2008, p. 561) descreve: O vinho é separado do bagaço quando os níveis de açúcar caem para 14,5º BX.

Essa informação é extremamente importante, pois as uvas usadas para vinificação do vinho do Porto contém alto grau de açúcar, e essa separação do bagaço é feita determinando-se o fim da fermentação tumultuosa, onde, retificando, “grande” parte dos açúcares se converte em etanol. Em comparação com o nosso produto, a concentração do nosso substrato no fim da fermentação turbulenta era 4,8º BX, ou seja, 4,8 g/100 g de solução, ou 4,8%. Com isso concluímos que a uva não possuía uma boa concentração de açúcares. Determinamos grau Brix após a chaptalização em torno de 22º. A quantidade de açúcar adicionada proporcionou um bom rendimento por parte das leveduras pois elas teriam reagente suficiente para metabolizar. O único contraposto se deve ao fato de a uva não possuir açúcares naturais suficientes, pois na chaptalização pode ocorrer erros de medições que influenciarão no modelo cinético.

5.2.2. CONCENTRAÇÃO DO INÓCULO

Tão importante quanto assegurar uma massa de reagente para a reação bioquímica, é garantir a existência dos seres unicelulares que fazem com que a fermentação ocorra. É necessário escolher a cepa de levedura adequada para o tipo de bebida a ser fabricar e mais imprescindível ainda é a quantidade a ser inoculada.

Quanto mais leveduras adicionadas ao mosto, mais rápida será a reação. Como existe várias espécies de leveduras a dosagem pode variar. Segundo Aquerone, Eugênio (2001, p. 43): A dosagem recomendada varia de 10 a 20 g por hl de mosto, dependendo da cepa de levedura e do tipo de vinho a produzir. A quantidade introduzida no nosso produto foi de 5 g para 5 l de mosto, por questões financeiras e um produto destinado a análise laboratorial. Na Tabela 7 está representado uma relação do valor médio ideal de inoculação.

Tabela 7: Proporções da quantidade de levedura inoculada

Descrição	Ideal/Médio	Utilizado
Quantidade de inóculo/(g/hl)	15	0,05
Proporção Utilizada/(g/g)	*****	0,0033

Fonte: Autoria própria, 2018

Podemos observar que a quantidade utilizada foi apenas 0,33% do valor ideal médio e 99,67% menor. Em escala industrial, aonde a fabricação tende a ser acelerada devido ao atendimento da demanda do mercado, a utilização de altas dosagem de estirpes é necessária. Até o dia do seu envase, o nosso processo de fabricação foi concluído em cinquenta dias exatos. Um tempo bem menor teria sido feito se a quantidade indicada de inóculo fosse utilizada. Segundo Jackson, Ronald S. (2001, p. 529), a respeito de vinhos Recioto: Fermentação dura aproximadamente 40 dias.

O modelo cinético de reação é um pouco diferente dos modelos industriais.

5.2.3. INTENSIDADE DE AGITAÇÃO

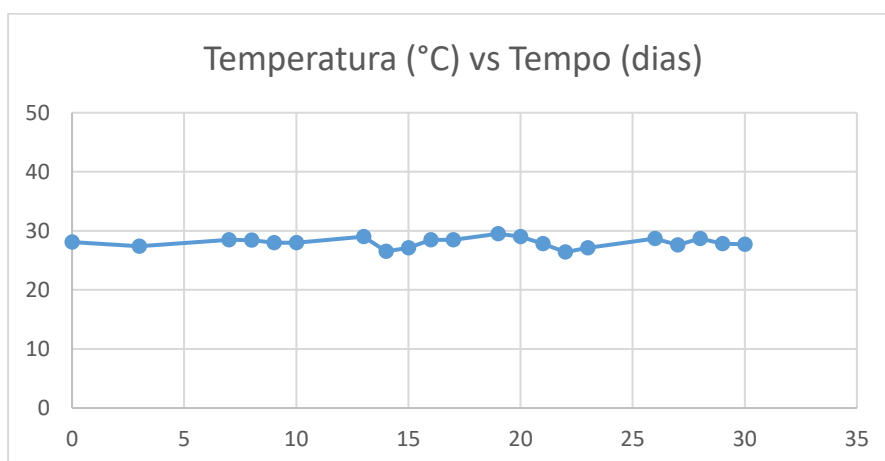
É importante manter-se a agitação na cuba para promover a aeração do meio, distribuição de massa e equilíbrio térmico. Esse ponto é extremamente importante na fase fermentação tumultuosa, na mistura do bagaço. Na fermentação complementar, a nível industrial, uma constante agitação é promovida devido aos tanques fermentativos possuírem esse sistema.

5.2.4. TEMPERATURA

Manter a temperatura dentro a faixa adequada para a vinificação em tinto foi crucial em todo o processo. Uma temperatura baixa pode estagnar a ação da levedura e interromper o processo. Dependendo do tipo de vinho, branco ou tinto, diferentes tipos de leveduras são utilizadas e suas faixas de temperaturas adequadas para metabolização variam, como já discutido.

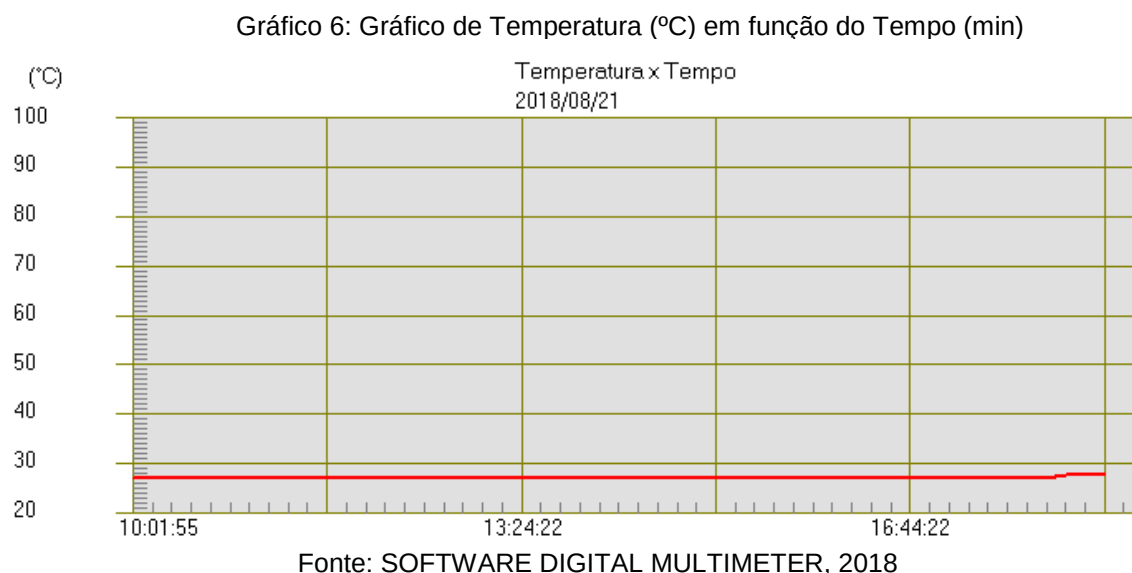
Para a vinificação em tinto, em países mais frios, há uma vantagem: A reação de fermentação desprende calor, o que poderá fazer com que o enólogo economize financeiramente quanto ao aquecimento do mosto. Em países mais quentes é necessário locais com “atmosfera adiabática” para manter o equilíbrio térmico. Para todos os efeitos, é preciso assegurar a temperatura adequada. No Gráfico 5 está representado os valores para variações de temperatura dos dias de fermentação. A temperatura está em ° C.

Gráfico 5: Gráfico de Temperatura (°C) vs Tempo (dias)



Fonte: Autoria própria, 2018

Os limites superior e inferior mostram que a faixa de 25 à 30° C não foi ultrapassada. E para estudar mais a fundo a variação, fizemos uma medição de um dia, com o auxílio de um Multímetro digital e um software disponível computacional que se adequa ao aparelho. O resultado da medição pode ser visto na Figura 28.



Como podemos perceber, na maior parte do dia, a temperatura se manteve constante, sem alterações bruscas. Apenas no final do dia, houve um ligeiro aumento. Concluimos que isso se deve pelo da localização do barril dentro do local aonde estava sendo mantido. Foi pensado o seguinte: As paredes próximas ao recipiente são voltadas para o sol poente, aonde há a incidência de uma elevada taxa de condução de energia térmica, devido a luz solar do período diurno ser mais potente que na parte matinal. Com isso, no fim do dia o espaço próximo a essas paredes sofrerá os efeitos da condução térmica e terá uma elevação de temperatura. Essa teoria fora formulada um pouco antes da realização da medição. Como mostra o gráfico uma variação nas proximidades do entardecer, a teoria foi comprovada. Na Figura 30 está representado alguns dados disponibilizados pelo software e na Figura 31 o esquema de medição.

Figura 28: Dados específicos da medição

File	20180821_100154		
Mode	Temperature	Unit	°C

	Value	Unit	Time
MAX	27,6	°C	18:04:22
MIN	26,9	°C	10:01:55
AVG	27,0	°C	
REL			

Alarm Limit :	Hi		Low	
Record Interval :	10:00			

Fonte: SOFTWARE DIGITAL MULTIMETER, 2018

Figura 29: Esquema de medição acoplado



Fonte: Autoria própria, 2018

Concluimos então que o parâmetro cinético Temperatura fora bem controlado e não foi um empecilho no processo fermentativo.

5.3. DEGUSTAÇÃO DO PRODUTO OBTIDO

A degustação foi realizada com o intuito de verificar o vinho em sua composição geral, compreendendo: Cor, aroma, sabor e o produto engarrafado. Esses são os pontos principais a serem analisados pois levam ao levantamento crítico a respeito de outros pontos embutidos nos mesmos, como: tanino, acidez, leveza, álcool, suavidade ou secura. Cabendo ou não aos degustadores atribuírem uma nota final a conjuntura. Após a avaliação foi constatado os seguintes termos que se seguem.

Com respeito a cor, ela pode variar, dependendo do tipo de uva utilizado, tempo de maceração das cascas e também tempo de envelhecimento. O processo de clarificação é de extrema importância, uma vez que promove a remoção dos resíduos mais hostis à coloração. É necessário que o vinho crie um grande contraste na taça. Tem de ser brilhante, ter profundidade e tonalidade. Foi constatado que o vinho estava muito translúcido, semelhante a um Pinot Noir, apesar de não ser.

Mensurando aroma, é importante lembrar que há vinhos com aromas frutados e amadeirados. Isso depende do tipo de cuba em que o vinho fermentou. Vinhos fermentados em tanques de inox tendem a ter aromas mais frutados e vinhos que são depositados em barris de madeira ganham uma característica mais amadeirada. Há vinhos que são aromatizados e a escolha pelo aromatizador pode variar como algum tipo de fruta ou especiarias. Com respeito ao aroma tem de se levar em conta a intensidade e qualidade. No nosso produto foi identificado um aroma que lembra notas de tutti-frutti, ou seja um odor mais frutado.

Sobre o sabor, está incluído muitas características. Essas características podem variar de acordo com o método de produção, as análises adequadas a serem tomadas e o tempo de maturação. Com respeito a suavidade, o vinho estava bem adocicado, o que dependendo do público alvo, isso pode ser bom ou ruim. Está na média de um vinho suave. Há bastante álcool. Foi percebido uma certa ausência de tanino e acidez. É importante a interação da acidez e do tanino pois criam um contraste no paladar, que conferem características únicas do vinho ao consumidor.

É de extrema importância assegurar um controle de qualidade bem padronizado. É necessário a higienização em todo o aparato utilizado no engarrafamento e uma boa qualidade no engarrafamento com respeito a vedação. Segundo o avaliador, o engarrafamento não foi adequado. Ao retirar-se a rolha notou-se que a mesma estava molhada nas laterais, o que indica que o vinho escoou, pois havia espaço entre a cortiça e a parede do gargalo. Um erro dessa natureza é algo que não pode ocorrer, pois se o vinho é armazenado por muito tempo ele pode oxidar com a entrada de ar.

No final da análise o nosso produto recebeu uma nota 7 geral para um vinho suave, rivalizando com vinhos como Chelise e Quinta do Morgado.

6. CONCLUSÃO

Observando-se os resultados obtidos através das diversas análises, confirmou-se a necessidade de se manter uma constante agitação na fase de fermentação turbulenta, pois isso promove uma ótima maceração das cascas fazendo com que as antocianinas e tanino sejam extraídas pela parte fluida. Como o nosso projeto foi conduzido sem o auxílio de um equipamento de agitação mecânica, a extração de tanino não foi tão eficiente como o esperado. Vimos que para um processo conduzido manualmente, é indispensável que se realize a mistura do mosto mais que duas vezes por dia.

Concluimos também, que a utilização das uvas adequadas para o tipo de vinho a se produzir, seco ou suave, é de essencial atenção. Uvas com um menor grau de açúcar são ideais para a produção de um vinho seco. Notou-se que a concentração de açúcares e tanino na uva do tipo Isabel, não se encontram em quantidades cabíveis para a suavização de um vinho, o que foi requerida uma chaptalização. O aroma frutado do vinho se deve ao fato de não ter ocorrido o processo de envelhecimento, no qual ele adquire uma característica olfativa amadeirada.

Com respeito aos principais parâmetros da cinética de reação, foi observado um ótimo controle da temperatura de fermentação, uma vez que a mesma não ultrapassou os limites da faixa termo fermentativa. O teor de açúcar da uva não se encontrava em alto grau. A concentração do inóculo foi determinada abaixo dos níveis recomendados, o que ocasionou um tempo maior para a conversão do álcool. Sem equipamento de agitação mecânica, a extração de tanino foi um pouco prejudicada.

Em relação ao engarrafamento, é necessário ter-se uma maior vedação da cortiça, uma vez que esse minucioso detalhe pode pôr em risco a perda do produto devido a oxidação.

Com base em todo o processo implementado, desde a parte dos métodos manuais vitivinícolas às diversas análises e acompanhamento, concluimos que o objetivo de estudo da fermentação e os parâmetros que afetam a mesma foi atingido com sucesso. Com especial atenção pela obtenção de um produto no qual fora aderido ao uso de uma uva não da classe nobre, porém comum, e da

simplicidade dos métodos implementados, que atingiu tal nível de aceitação ao passo de ser comparado a vinhos que estão circulando no mercado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

MACNAIL, Karen. The Wine Bible: 2. ed. New York: Workman, 2015

JACKSON, Ronald S. Wine Science: 3. ed. San Diego, California: Elsevier, 2008

CONSIDINI, John, A.; FRANKISH, Elizabeth. A Complete Guide to Quality in Small-Scale Wine Making: 1. ed. Oxford: Elsevier, 2014

BATT, Carl A.; TORTORELLO, Mary-Lou. Encyclopedia of Food Microbiology. 2. ed. San Diego, California: Elsevier, 2014

AQUARONE, Eugênio. Biotecnologia Industrial. 1. ed. São Paulo, Brasil: Editora Edgard Blucher Ltda, 2001

JACKSON, Ronald S. Wine Tasting: A Professional Handbook. 2. ed. San Diego, California: Elsevier, 2009

CABALLERO, Benjamin; FINGLAS, Paul M.; TOLDRÁ, Fidel. Encyclopedia of Food and Health. 1. Ed. United Kingdom: Elsevier, 2016

STANBURY, P.F.; WHITAKER, A.; HALL, S.J. Principles of Fermentation Technology. 2. Ed. Great Britain: Elsevier, 1995

JACKSON, Ronald S. Wine Tasting, A Professional Handbook. 2. Ed. San Diego, Califórnia: Elsevier, 2009

PINHEIRO, Álvaro D. Tales. *Viabilidade Técnica e Econômica da Produção de Etanol a Partir do Suco de Caju por Saccharomyces Serevisiae Flocculante*. 2015. 182 p. Tese – UFC, Fortaleza/CE, 2015

CHRISTIAN BRAATEHN. Hálito Culpado, O Princípio Químico do Bafômetro. Química e Sociedade, Viçosa – MG, nº 5, Maio/1997

MAPA. Portaria nº 229, de 25 de Outubro de 1988. Disponível em: <
<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/vigilancia-agropecuaria/ivegetal/bebidas-arquivos/portaria-no-229-de-25-de-outubro-de-1988.pdf/view>>. Acesso em:
19/07/2018

MAPA. Portaria nº 43. 18 de Maio de 2016. Disponível em: <
<http://www.agricultura.gov.br/aceso-a-informacao/participacao-social/consultas-publicas/portaria-no-43-de-18-de-maio-de-2016>>. Acesso em:
19/07/2018

OIV – International Organization of Vine and Wine. Disponível em: <
<http://www.oiv.int/>>. Acesso em: 12 mai. 2018

Como Fazer Vinho. Disponível em: < <http://www.novonegocio.com.br/como-fazer/como-fazer-vinho/>>. Acesso em: 15 mai. 2018

The History of Wine. Disponível em: < <https://www.britannica.com/topic/wine>>.
Acesso em: 04/07/2018.

História do vinho e o vinho na história. Disponível em:
<http://revistaadega.uol.com.br/artigo/historia-do-vinho-e-o-vinho-na-historia_9693.html>. Acesso em: 04/07/2018.

O vinho e sua história. Disponível em: < http://revistaadega.uol.com.br/artigo/o-vinho-e-sua-historia_1064.html>. Acesso em: 06/07/2018 .

Pioneiros do Vinho. Disponível em: <
https://revistaadega.uol.com.br/artigo/pioneiros-do-vinho_2673.html>. Acesso
em: 06/07/2018.

Apostila de Físico-Química. Disponível em:
< <https://www.passeidireto.com/arquivo/4633509/apostila-de-fisico-quimica-apresentada-alunos>>. Acesso em: 17/08/2018