

TECNOLOGIA CERVEJEIRA: DESENVOLVIMENTO DE PESQUISAS E ANÁLISES CIENTÍFICAS NAS ÁREAS DE CERVEJARIA

BEER TECHNOLOGY: DEVELOPMENT OF RESEARCHES AND SCIENTIFICAL ANALYSIS ON BREWING ÁREAS

Rafael Murta Pereira

RESUMO

O mercado de cervejas no Brasil, apesar de apresentar crescimento nos últimos anos, não deixou de sofrer com os efeitos da pandemia do COVID-19. A necessidade das cervejarias de se adequar aos cenários econômicos e à concorrência é evidente e a melhor maneira de se atualizar de forma precisa é com o desenvolvimento científico da área. Este trabalho busca estabelecer o início da pesquisa científica nas áreas de cervejaria, com o desenvolvimento do projeto em três áreas: engenharia, nutrição e biomedicina. Na área de engenharia foi realizado o levantamento de informações a respeito dos requisitos técnicos/construtivos para a abertura de uma cervejaria, além do mapeamento de cervejarias da região de Teresópolis para futuro desenvolvimento de um plano logístico de coleta de subprodutos das cervejarias. Na área de nutrição, o foco foi no reaproveitamento do bagaço de malte, considerando técnicas para aumento da durabilidade do subproduto e desenvolvimento de novos produtos destinados ao consumo humano. Para a área de biomedicina, foram realizados experimentos com levedura seca e a levedura reaproveitada, com o objetivo de comparar a viabilidade, durabilidade e cinética de fermentação. Os resultados parciais mostram que existem diversos pontos de melhoria no mercado cervejeiro da região que podem caminhar em paralelo com o desenvolvimento da pesquisa acadêmica na área e se tornarem diferenciais competitivos para os empreendedores.

Palavras-chave: Cerveja; Pesquisa Científica; Tecnologia Cervejeira.

ABSTRACT

The beer market in Brazil, despite showing growth in recent years, has not ceased to suffer from the effects of the COVID-19 pandemic. The need for breweries to adapt to economic scenarios and competition is evident and the best way to be update is to be in touch with the scientific development of the area. This work seeks to establish the beginning of scientific research in the areas of brewery, in UNIFESO, with the development of the project in three areas: engineering, nutrition and biomedicine. In the engineering area, a survey of information was carried out regarding the technical/constructive requirements for constructing/opening a brewery, in addition to the mapping of breweries in the Teresópolis region for the future development of a logistical plan for the collection of by-products from the breweries. In the nutrition area, the focus was on reusing malt bagasse, considering techniques for increasing the by-product's durability and developing new products for human consumption. For the area of biomedicine, experiments were carried out with dry yeast and reused yeast, in order to compare the viability, durability and fermentation kinetics. The partial results show that there are several points of improvement in the region's beer market that can go hand in hand with the development of academic research in the area and become competitive differentials for entrepreneurs.

Keywords: Beer; Technical Research; Brewing Technology.

INTRODUÇÃO

De acordo com a legislação brasileira, mais especificamente o decreto nº 6871, de 4 de junho de 2009, "Cerveja é a bebida resultante da fermentação, a partir da levedura cervejeira, do

mosto de cevada malteada ou de extrato de malte, submetido previamente a um processo de cocção adicionado de lúpulo ou extrato de lúpulo, hipótese em que uma parte da cevada malteada ou do extrato de malte poderá ser substituída parcialmente por adjunto cervejeiro." Em outras palavras, a cerveja

é uma bebida alcoólica fermentada, elaborada a partir de 4 ingredientes principais: água, malte, lúpulo e levedura, conforme figura 1, podendo ou não possuir outros ingredientes em sua formulação. Apesar de ser conhecida principalmente pelas grandes marcas da indústria, atualmente o mercado de cervejas artesanais vem ganhando espaço ao

Conforme dados da CERVBRAZIL – Associação Brasileira da Indústria Cervejeira (2017) o mercado cervejeiro no Brasil movimentou 107 bilhões de reais no ano de 2017, representando 1,6% do PIB Nacional, sendo produzidos em média 14 bilhões de litros por ano em uma cadeia que gera em torno de 2,7 milhões de empregos, conforme apresentado na figura 2. Os números do setor são de grande relevância e têm apresentado tendência de crescimento ano após ano. Neste contexto, o mercado de cervejas artesanais se encontra em pleno desenvolvimento e representa cerca de 2% do volume movimentado. Com a mudança de hábitos em relação à cerveja, o desenvolvimento de novos produtos e a consequente redução de preço, devido ao aumento da eficiência de produção, espera-se que as cervejas artesanais apresentem maior participação no mercado nos próximos anos.



Figura 2: Dados do mercado cervejeiro brasileiro em 2017.

agradar sensorialmente o consumidor brasileiro com a apresentação de diversos estilos.

Figura 1: Ingredientes principais da cerveja, da esquerda para a direita: malte, lúpulo, levedura e água.

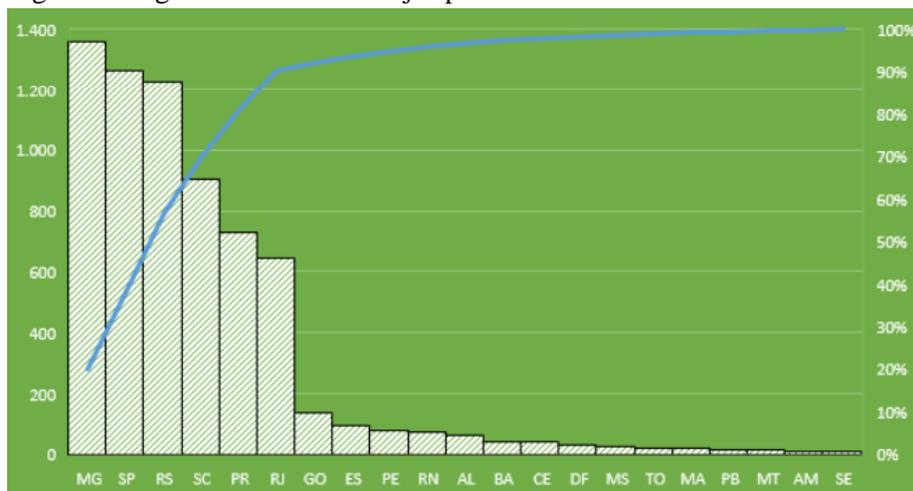
Fonte: Adaptado de Cerveja Mestra, 2017.



Fonte: Adaptado de CervBrasil, 2017.

No Brasil o mercado de cervejaria vem crescendo a passos largos, apenas no ano de 2018 foram registrados aproximadamente 6800 novos produtos entre cervejas e choppes (MARCUSO e MÜLLER, 2018), em todos os estados brasileiros, conforme mostrado na figura 3. Este elevado número de registro de novos produtos é um indicador da grande tendência do mercado em inovar, seja com a criação de novas receitas, utilização de novos ingredientes e até mesmo novos estilos.

Figura 3: Registro de novas cervejas por estado no ano de 2018.



Fonte: Adaptado de Marcusso e Müller, 2018.

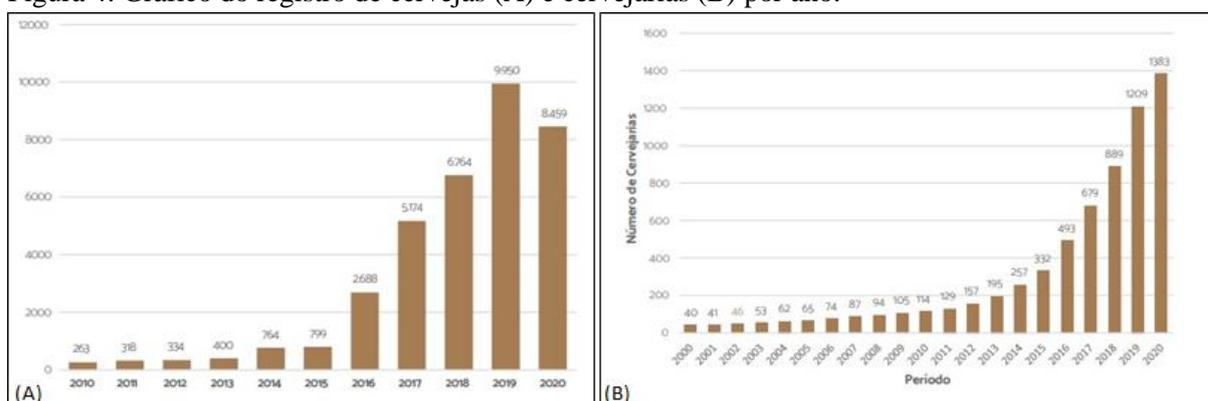
No ano de 2018, o Brasil teve o seu primeiro estilo de cerveja reconhecido por uma organização internacional, o *BJCP – Beer Judge Certification Program* (Programa de Certificação de Juizes de Cerveja, em tradução livre). Este estilo é a *Catharina Sour* (BJCP - BEER JUDGE CERTIFICATION PROGRAM, 2018), que é composto por cervejas inovadoras, com paladar ácido devido ao baixo pH, além da adição de diversas frutas para incremento de aroma e sabor.

Apesar do mercado brasileiro de cervejaria vir em uma expoente de crescimento nos últimos

anos, tendo sido registradas, em 2019 cerca de 9950 produtos de cerveja, assim como em outras atividades, o mercado cervejeiro também foi afetado pelas limitações causadas pela pandemia do COVID-19.

A figura 4(A) mostra que no ano de 2020 o Brasil registrou o número total de 8459 produtos entre cervejas e chopps (GOVERNO FEDERAL, 2021), de forma que é possível observar um decréscimo de registros, muito provavelmente causado pelo avanço da pandemia de COVID-19.

Figura 4: Gráfico do registro de cervejas (A) e cervejarias (B) por ano.



Fonte: Adaptado de MAPA, 2021.

Na figura 4(B), pode-se observar que foram registradas 1.383 cervejarias por unidades federativas. Apesar do cenário atual, pela primeira vez ocorreram registros de pelo menos uma cervejaria em cada estado de todo o território

brasileiro. Resultado este que contrasta com o número de produtos registrados, mas pode ser explicado pelo fato de muitos empresários estarem aproveitando o período da pandemia para investir

em novas instalações cervejeiras, se preparando para o fim da pandemia.

Segundo o MAPA, os estabelecimentos que não têm estrutura própria e necessitam utilizar a estrutura de terceiros para realizar a fabricação de cerveja são chamados de cervejarias “ciganas”. Portanto, não são apurados nas estatísticas realizadas pelo Anuário de Cerveja 2020.

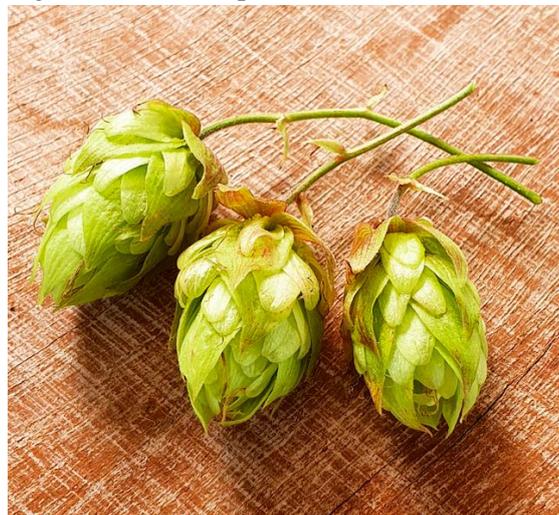
Considerando toda a importância do mercado cervejeiro nacional, esta pesquisa multidisciplinar busca estabelecer uma linha de pesquisa em cervejaria no município de Teresópolis, passando por áreas de engenharia, biologia e nutrição, apresentando dados atualizados sobre o mercado cervejeiro da cidade, além do desenvolvimento científico da área, com reaproveitamento de subprodutos com fins destinados à própria cervejaria ou mesmo para outros fins.

A Região Serrana do Rio de Janeiro tem sido um importante polo de desenvolvimento cervejeiro, contando inclusive com a Rota Cervejeira do Rio de Janeiro, criada em 2014 com o objetivo de agregar as cervejarias da região, fomentar o turismo e o mercado que se encontra em pleno crescimento (ROTA CERVEJEIRA DO RIO DE JANEIRO, 2014). Em específico, a cidade de Teresópolis hoje conta com três plantas cervejeiras, sendo uma de grande porte, além de um *brewpub* (conceito de cervejaria e restaurante no mesmo ambiente, em que toda a cerveja produzida é vendida somente no próprio estabelecimento). A cidade possui aproximadamente 25 marcas de cerveja, sendo que a maioria produz do modo conhecido como “cigano” em que a marca “aluga” as instalações de uma cervejaria para realizar sua produção.

Teresópolis recebeu em 2019 o título de Capital Nacional do Lúpulo, visto que foi a primeira cidade do país a possuir um viveiro de mudas de lúpulo certificado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), além do fato, dos lúpulos produzidos na região possuírem elevado teor de alfa-ácidos, que são o principal parâmetro de avaliação da qualidade do produto. O lúpulo, figura 5, é o ingrediente

cervejeiro responsável pelo amargor da cerveja, além de também fornecer sabores e aroma.

Figura 5: Flor de lúpulo.



Fonte: Autoria Própria, 2020.

A cidade vem recebendo diversos eventos com tema cervejeiro, que vêm ajudando no desenvolvimento regional e na divulgação das cervejas produzidas na região, permitindo a alavancagem da cadeia produtiva e trazendo novos investimentos para o município.

Apesar de todo o desenvolvimento do setor no mercado, existe uma grande defasagem em relação a pesquisas acadêmicas específicas na área cervejeira no Brasil. O desenvolvimento de novos produtos, na maioria das vezes, é feito de forma empírica, utilizando-se apenas de conhecimento básicos e muitas vezes sem a utilização de metodologia científica, apenas na base da tentativa e erro. Este tipo de ação pode até funcionar no curto prazo, mas torna-se inviável no crescimento ao longo prazo, visto que conforme se aumenta o tamanho de uma empresa, os espaços para erros e perdas financeiras ficam cada vez menores.

Alinhada à questão de pesquisa e desenvolvimento dentro das cervejarias artesanais, também se enxerga o problema da reutilização e reaproveitamento de subprodutos da produção cervejeira como a levedura e o bagaço de malte. A levedura, responsável pela fermentação do mosto cervejeiro, representa algo em torno de 10% do custo de uma receita de cerveja (SILVA e PINHEIRO, 2018), e com as condições adequadas de análise pode ser reaproveitada de uma receita para outra (MELO, DUARTE, *et al.*, 2017),

propiciando um ganho econômico para o empreendedor cervejeiro. Muitas vezes, o reaproveitamento não é feito devido à falta de possibilidade de analisar laboratorialmente o fermento já utilizado, gerando uma impossibilidade de se garantir a qualidade e viabilidade das células de levedura, com o avanço das cervejarias na região, torna-se interessante o desenvolvimento de pesquisas sobre o tema, além da possibilidade de se criar um centro para realização das análises. O bagaço de malte pode ser reutilizado de diversas maneiras, como por exemplo na nutrição animal, como também ser incorporado em produtos para o consumo humano, que podem vir a ter suas propriedades nutricionais melhoradas, como o trabalho de Rech e Zorzan (2017) em que foram elaborados e analisados *cupcakes* utilizando uma farinha de bagaço de malte e levedura.

Considerando o forte desenvolvimento da região serrana do Rio de Janeiro na área cervejeira nos últimos anos, é de extrema importância o desenvolvimento de um centro de referência em pesquisas cervejeiras na própria região, de modo a atender as demandas locais, aproximar a academia das cervejarias e permitir o desenvolvimento adequado de produtos inovadores e exclusivos, que podem vir a contribuir fortemente com a economia local.

O desenvolvimento da pesquisa foi realizado em comum entre professores do Centro de Ciências e Tecnologia e Centro de Ciências da Saúde, além de alunos representantes de ambos os centros. Será necessária a utilização dos Laboratórios de Microbiologia, bem como a utilização dos Laboratórios de Preparo de Alimentos, para elaboração e execução das receitas de alimentos para consumo humano e de cerveja com insumos reaproveitados e com ingredientes produzidos na região.

Todos os dados utilizados no projeto foram coletados através de pesquisas realizadas pelos envolvidos no projeto, e serão analisados em conjunto pela equipe do projeto (docentes e discentes) através de análises estatísticas e comparativas, de modo a se obter um resultado

embasado pela literatura que possa ser aplicado na prática dos cervejeiros da região.

OBJETIVOS

Objetivo primário

O objetivo principal desta pesquisa é estabelecer o início da pesquisa científica em cervejaria na instituição UNIFESO, com a elaboração de um projeto integrado entre os cursos de engenharia de produção, nutrição e ciências biológicas a partir do desenvolvimento de experimentos com cerveja e pesquisas relacionadas ao reaproveitamento de matérias cervejeiras, como levedura, bagaço de malte e CO₂, de modo a providenciar dados de qualidade para publicações científicas e que possam ser utilizados pelas cervejarias da cidade e da região em busca de ganhos econômicos e melhoria de seus produtos.

Objetivos secundários

- Os objetivos específicos deste trabalho são:
- Promover a cultura acadêmica cervejeira na cidade de Teresópolis;
- Criar um projeto de iniciação científica integrado entre as áreas de saúde e tecnologia com foco em cervejaria;
- Permitir aos estudantes interessados a participação no desenvolvimento de uma nova linha de pesquisa para o UNIFESO;
- Realizar testes de reaproveitamento de leveduras, com foco na viabilidade de células, número de utilizações, armazenamento de cepas de levedura;
- Definir parâmetros de controle de qualidade e segurança relacionados aos testes laboratoriais com leveduras reaproveitadas;
- Definir utilizações viáveis para o bagaço de malte produzido pelas cervejarias locais, de modo a se ter um descarte sustentável;
- Realizar experimentos de produção de cerveja com ingredientes

produzidos na região, de forma a identificar possíveis inovações;

- Identificar pontos de melhoria que possam gerar ganhos econômicos aos empreendedores, aplicados às cervejarias da região.

METODOLOGIA

Como resultados decorrentes do início do projeto, pode-se citar o levantamento bibliográfico das áreas de produção de cerveja, reaproveitamento de rejeitos e instalações industriais cervejeiras; o mapeamento das cervejarias da Cidade de Teresópolis, com identificação do seu modelo de produção (fábrica própria ou cigano); início do desenvolvimento do protocolo de aproveitamento de leveduras na própria indústria, com foco em aplicabilidade para a indústria local; testes experimentais do aproveitamento de bagaço de malte e levedura cervejeira para produção de pães.

Para realização de testes de reaproveitamento de leveduras, com foco na viabilidade de células, será feito um tratamento com as leveduras utilizadas na primeira batelada pelo processo de lavagem (MELO, DUARTE, *et al.*, 2017). Os parâmetros de controle de qualidade e segurança relacionados aos testes laboratoriais com leveduras reaproveitadas serão definidos dentro deste processo experimental, baseado em dados da literatura.

São propostas alternativas para utilização do bagaço de malte produzido pelas cervejarias locais, como: a partir do desenvolvimento de produtos alimentícios no Laboratório de Preparo de Alimentos; pela utilização de compostos bioativos presentes no bagaço de malte.

Experimentos iniciais

Os primeiros experimentos foram realizados em casa pelos estudantes, visto que devido às questões da pandemia e necessidade de isolamento social, os laboratórios não estavam disponíveis. Inicialmente foi realizada uma extensa revisão bibliográfica, de modo a se identificar possíveis situações de reaproveitamento dos rejeitos cervejeiros para produção de novos produtos. Foram realizados experimentos para produção de pães a partir do reaproveitamento da levedura e do

bagaco de malte e também para a produção de uma bebida fermentada de baixo teor alcoólico chamada *kombucha*. Os resultados são apresentados no próximo capítulo.

Protocolo de realização dos experimentos com leveduras

De forma a se ganhar tempo e devido ao impedimento de se realizar os experimentos nos laboratórios no início do projeto, foi realizada a elaboração do protocolo experimental para reaproveitamento e experimentos com a levedura, de modo a se garantir a qualidade dos procedimentos e resultados laboratoriais. Os resultados deste trabalho foram consolidados no Resumo Simples apresentado no V CONFESO, conforme apresentado na seção 9.1.

Análise dos dados

Os dados foram analisados em conjunto pela equipe do projeto (docentes e discentes) através de análises estatísticas e comparativas, de modo a se obter um resultado embasado pela literatura que possa ser aplicado na prática dos cervejeiros da região.

No desenvolvimento deste trabalho, foram selecionadas áreas de pesquisa em biologia / biomedicina, nutrição e engenharia de modo a se avançar com o projeto integrado. Para apresentação dos aspectos metodológicos, a seção foi dividida em cada uma das áreas de pesquisa para facilitar o entendimento de cada uma das áreas. Nas áreas de engenharia buscou-se o levantamento de informações acerca do processo de construção de uma nova fábrica cervejeira, buscando-se entender as exigências construtivas baseadas na legislação. Para a área de nutrição, foi realizado um trabalho de reaproveitamento de subprodutos da produção cervejeira, como o bagaço de malte, testando-se técnicas de conservação do produto e aplicação em alimentos para consumo humano. Na área de biologia / biomedicina, até este momento, o trabalho desenvolvido foi na observação experimental e comparativa da reutilização da lama cervejeira (fermento já utilizado, pelo menos uma vez) com a levedura de primeiro uso, de modo a comparar a viabilidade e capacidade de fermentação.

Engenharia

Para as áreas de engenharia o foco do desenvolvimento do trabalho foi a identificação e mapeamento das cervejarias de Teresópolis, buscando identificar a capacidade produtiva e destino dos resíduos para posterior proposição de solução logística integrada. Foi também desenvolvido um trabalho de identificação dos pontos de atenção da legislação cervejeira, com o objetivo de, posteriormente, desenvolver de uma cartilha para auxiliar empreendedores que desejem entrar no mercado cervejeiro.

Para o mapeamento das cervejarias, foram utilizadas informações obtidas das páginas *web* das próprias cervejarias, onde foi possível obter o endereço para posterior mapeamento delas. Em primeiro momento, optou-se por indicar as cervejarias localizadas próximas ao bairro da Várzea, localizado no centro de Teresópolis, de modo a se visualizar as fábricas localizadas nessa região.

No levantamento das informações necessárias para criação de uma cervejaria, buscou-se identificar os documentos da legislação brasileira relativos aos requisitos para instalações destinadas a produção de cerveja.

Nutrição

Os primeiros testes foram feitos com bagaço de malte pilsen, retirado de processo de produção *brew in a bag* (processo em que se utiliza apenas uma panela para produção do mosto cervejeiro, também conhecido como *single vessel*), utilizando-se balança culinária para pesagem e forno a gás para teste de secagem.

Fazendo a pesagem do malte antes e após o processo de mosturação, constatou-se um ganho de 40% de umidade. Inicialmente tinha-se 5kg de malte e após o processo 7kg de malte úmido.

Inicialmente foi feita a tentativa de secagem do bagaço no sol, utilizando um malte já previamente seco em forno a gás. Não houve mudança significativa na umidade após exposição solar de inverno por 5 horas. Posteriormente foram feitos dois testes de secagem no desidratador do Laboratório de Processamento de Alimentos (LPA). Um com o mesmo malte utilizado no primeiro experimento, que estava congelado em um recipiente plástico com tampa, onde foi utilizado 381g desse malte para desidratá-lo, conforme figura 6 (A). Após 6h de secagem no desidratador, conforme figura 6 (B) a seguir, o bagaço de malte seguiu para moagem em liquidificador industrial.

Figura 6: Bagaço de malte úmido (A) e bagaço de malte no desidratador (B);



Fonte: Autoria Própria, 2021.

O método de secagem no desidratador do LPA demonstrou um resultado bastante satisfatório. Não foi possível o teste final de atividade de água em aparelho específico, pois só ele poderia determinar o produto como farinha. O teste de durabilidade está em andamento, com duas amostras secas, uma triturada e outra não, sendo armazenadas em sacos fechados em ambiente seco e arejado. Na figura 7 a seguir, obteve-se da farinha

do malte com a pesagem de 224g. A partir desse resultado, os esforços foram concentrados na obtenção de receitas culinárias.

Figura 7: Bagaço de malte desidratado e moído no liquidificador



Fonte: Autoria Própria, 2021.

Esta farinha foi utilizada para elaboração de produtos destinados ao consumo humano, em que foram feitos também testes de aceitação do produto com os alunos do curso de nutrição, professores e funcionários do LPA. Os resultados dos produtos elaborados e da aceitação dos produtos são apresentados na seção de resultados.

Biologia / Biomedicina

Foram propostos três experimentos com a utilização de leveduras para esta fase do trabalho. As leveduras são fungos unicelulares, heterotróficos e anaeróbicos, utilizados no processo de fermentação da bebida. Durante a fermentação, a levedura se alimenta dos açúcares que são extraídos do malte e o transformam em álcool e gás carbônico.

Podem ser divididas em leveduras de baixa fermentação e de alta fermentação. As leveduras de baixa fermentação tradicionalmente produzem a cerveja tipo *lager* a uma temperatura entre 7 e 15°C, a quais floculam no final da fermentação na base do fermentador. As leveduras de alta fermentação são utilizadas para produzir as cervejas do tipo *ale* a uma temperatura entre 18 e 22°C, floculando na superfície do mosto.

A viabilidade das células é um parâmetro muito importante para saber a quantidade de células vivas no meio e com isso diversos fatores influenciam na multiplicação das mesmas e também é preciso ressaltar a diferença do fermento

seco ou o fermento industrializado e o reaproveitamento da lama cervejeira.

Preparação do Starter

Inicialmente, foi preparado o *Starter* que é uma solução utilizando o Extrato Seco de Malte (DME – Dry Malt extract), figura 8, que basicamente são os açúcares obtidos do malte já processados e comercializado na forma de pó.

Figura 8: Extrato seco de malte (DME)



Fonte: Autoria própria, 2021.

Esse *starter*, figura 9, foi utilizado nos experimentos, para o seu preparo, primeiramente, em um Erlenmeyer, foi colocado 160g de DME em 1.600ml de água para o *Starter*, com a densidade pré-fervura com o resultado de 1.039 e pós-fervura chegou a densidade esperada de 1.040.

Figura 9: Mosto preparado a partir do DME



Fonte: Autoria própria, 2021.

Esse mosto, depois de resfriado, foi dividido por 200 ml em 6 frascos de Erlenmeyer para o experimento de propagação.

Leveduras

Para as leveduras foram preparadas duas amostras (ambas utilizando-se levedura ALE cepa US-05), uma a partir da reidratação do fermento seco, que foi nomeado de “seco”, utilizando-se 11,5g de fermento em 500 ml de água (US05-seco) e o outra, que foi obtida a partir da diluição do produto recebido de terceira geração (figura 10), denominado lama, usando-se 20 ml da lama em 500ml de água (US05-lama).

Figura 10: Levedura US-05 coletada de processo cervejeiro



Fonte: Autoria própria, 2021.

É importante ressaltar que essa terceira geração da lama, foi coletada 7 dias antes da iniciação dos experimentos, com a validade de um mês. Em três frascos de erlenmeyer, foi colocado 200 ml do *starter* junto a 500 mil células por ml, o que totalizou 100 milhões de células em 200ml. Nos outros três frascos de erlenmeyer, foi misturado 200 ml do *starter* com 1 ml, que também corresponde a 500 mil células de levedura seca reidratada em cada um, conforme pode ser observado na figura 11.

Figura 11: Solução mãe Lama e Seco.



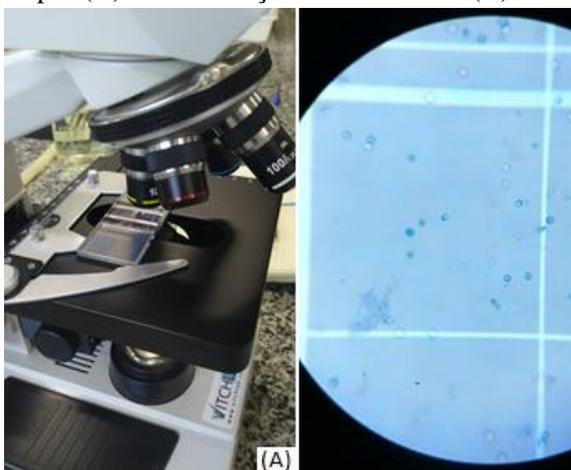
Fonte: Autoria própria, 2021.

Contagem de células

Para o experimento de viabilidade e propagação das leveduras foi de extrema importância a contagem de células que foi feita da

seguinte forma: primeiramente, para facilitar a contagem perante o número alto de células, foi feita uma diluição de 10x, ou seja, em tubo de ensaio era posto 1ml de água estéril e 100µl da amostra. Após isso, foi feita uma mistura para usar como corante, foi utilizado 100µl do azul de metileno a 1% para 10ml de água, essa mistura foi utilizada para todas as contagens seguintes para a verificação da viabilidade e propagação através da possível visualização das células vivas e mortas pela ação do corante, conforme apresentado na figura 12.

Figura 12: Câmara de Neubauer no microscópio (A) e visualização das leveduras (B)



Fonte: Autoria própria, 2021.

A cada contagem de cada Erlenmeyer, além da diluição da amostra, se usava outro tubo de ensaio para misturar 10µl da diluição anterior com 30µl do corante, quando homogeneizado, foi colocado 10µl dessa mistura para a Câmara de Neubauer que era levada ao microscópio ajustado na objetiva de 40x para facilitar a visualização na hora da contagem.

Experimento 1 – Viabilidade e Curva de Sobrevivência

No primeiro experimento foi dividida a amostra do fermento seco reidratado em 4 frascos de Erlenmeyer, 2 que ficaram em temperatura ambiente e 2 foram refrigerados a 5°C. E para a amostra da lama diluída em água, outros 4 frascos

de Erlenmeyer, 2 em temperatura ambiente e 2 para refrigerados a 5°C, todas as divisões com o volume de 100ml. Pela ação do azul de metileno, foi visto que a membrana das células em atividade repelia o corante, deixando somente o seu entorno azul, já as células sem atividade não conseguem mais repelir o corante que entra na célula deixando-a toda azul. Logo, por essa ação do corante azul de metileno, foi possível identificar o número de células vivas e mortas, fazer sua contagem e analisar sua viabilidade por meio de uma curva de sobrevivência.

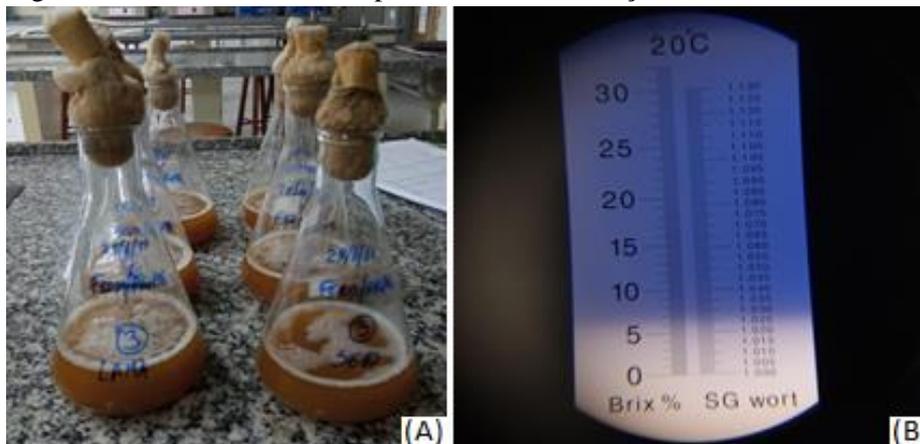
Experimento 2 - Propagação das leveduras

Após as divisões do *Starter* em 6 frascos de Erlenmeyer, 3 com a lama diluída em água e 3 com o fermento reidratado, foram iniciadas as contagens de leveduras em cada Erlenmeyer. Dessa forma, continuou-se pelas duas semanas seguintes para saber a propagação de cada amostra, ou seja, foi analisado se o número de células vivas aumentaria cada vez mais, devido ao ambiente propício para a levedura se multiplicarem e foi observada a diferença na propagação do mosto fermentado com fermento seco e com a lama.

Experimento 3 – Cinética de Fermentação

O foco do experimento foi na densidade do meio (*SG – Specific Gravity*), ou seja, o quanto as leveduras consumiram o açúcar. Dessa forma, foi retirado um pequeno volume da amostra e assim a densidade foi medida através do refratômetro, o qual mostra a densidade de duas formas, em valores de densidade (adimensionais) e em °Brix (%), no entanto, para leitura correta é necessário considerar o gás carbônico (CO₂) e o álcool produzidos durante a fermentação. De forma a se realizar a correção de leitura foi utilizado a calculadora online Onebeer.net (disponível em: <http://onebeer.net/refractometer.shtml>) e com a informação da densidade inicial do mosto foram feitas as correções de leitura do refratômetro, figura 13.

Figura 13: Amostras durante o processo de fermentação



Fonte: Autoria própria, 2021.

RESULTADOS FINAIS

Ao final do projeto, espera-se fortalecer a abordagem acadêmico-científica do processo de produção cervejeira em Teresópolis. O cumprimento dos objetivos irá tornar a fabricação de cerveja cada vez mais sustentável, econômica e inovadora, podendo gerar um produto final mais acessível e consequentemente com maior alcance comercial. O controle e aumento da qualidade também são resultados esperados do projeto mantendo maior consistência e reprodutibilidade das receitas. Por fim, com a produção do conhecimento e o desenvolvimento da expertise em reaproveitamento dos descartes da indústria cervejeira, pode-se desenvolver um novo mercado de atuação para o UNIFESO e equipe envolvida, absorvendo a demanda das cervejarias interessadas.

Experimentos iniciais

Os primeiros experimentos realizados envolveram a utilização da levedura reaproveitada de uma produção cervejeira para produção de um pão. O experimento foi iniciado com a coleta da levedura US-05, lavagem e separação por decantação da massa de levedura, conforme apresentado na figura 14.

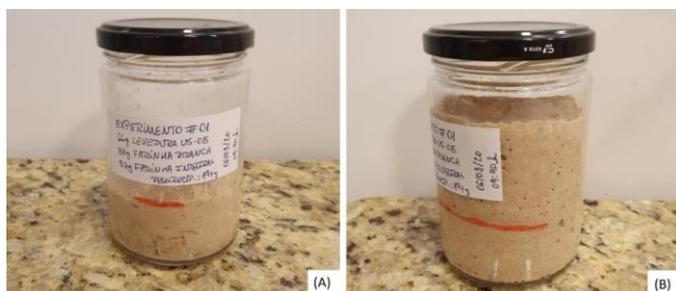
Figura 14: Levedura US-05 após processo de lavagem.



Fonte: Autoria própria, 2020.

Após este processo, parte da levedura foi separada e misturada à farinha de trigo e água, de modo a se observar a interação da levedura cervejeira com os amidos da farinha. Este processo foi observado por 24 horas, em que se percebeu a formação de bolhas, indicando que o processo fermentativo estava ocorrendo e que os açúcares estavam sendo convertidos em gás carbônico, conforme apresentado na figura 15.

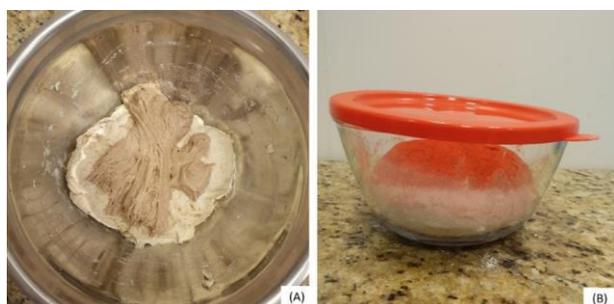
Figura 15: levedura em processo de ativação, início do processo (A); final do processo (B)



Fonte: Autoria própria, 2020.

Esta levedura ativada com a farinha de trigo foi então utilizada no preparo da massa do pão, figura 16, que passou por um processo de fermentação lenta de 24 horas, após esse processo, o pão foi assado e o resultado final é apresentado na figura 17.

Figura 16: Massa do pão em preparo (A) e finalizada (B)



Fonte: Autoria própria, 2020.

A avaliação sensorial revelou um aroma mais frutado, resultante da produção de ésteres pela levedura, além de um sabor que remetia a um sabor alcoólico, algo que não é comum em pães produzidos por fermentação natural. Sugere-se que em próximos experimentos, seja avaliada a influência da quantidade de levedura utilizada inicialmente, na análise sensorial do produto finalizado.

Figura 17: Pão finalizado



Fonte: Autoria própria, 2020.

Também foi produzida uma bebida fermentada de baixo teor alcoólico, chamada *Kombucha*, com a adição de levedura reaproveitada e bagaço de malte. O *kombucha* é fermentado com uma levedura específica e foram utilizados os insumos reaproveitados com o objetivo de adicionar características sensoriais. O produto finalizado é apresentado na figura 18.

Figura 18: *Kombucha* com adição de produtos cervejeiros reaproveitados



Fonte: Autoria própria, 2020.

A avaliação sensorial do *kombucha* também apresentou aroma e sabor frutados, já que a levedura US-05 possui essa característica, em relação ao *kombucha* convencional, pode-se perceber uma maior adstringência no sabor, o que pode ser explicado pelo fato da levedura ter consumido uma gama maior dos açúcares, reduzindo o corpo da bebida e reduzindo o dulçor final.

Nutrição

Para realização do experimento, utilizou-se 500g de malte pilsen seco moído, onde o mesmo passou por um processo de molho em uma temperatura de 70 graus por cerca de 20 minutos, que depois de cozido chegou a 900g, conforme figura 19

Figura 19: malte cozido



Fonte: Autoria própria, 2021.

Em seguida, o bagaço de malte foi coado, sendo descartada a sua água, figura 20, levando o bagaço para secagem no desidratador por 6h de secagem, por fim chegando ao seu peso de 531g no desidratador, conforme figura 21.

Figura 20: Bagaço de malte coado



Fonte: Autoria própria, 2021.

Figura 21: Bagaço de malte no desidratador



Fonte: Autoria própria, 2021.

Após esse procedimento, os maltes foram triturados em liquidificador para serem transformados em farinha e posterior primeira receita com a farinha do malte no LPA, conforme figura 22.

Figura 22: Farinha do bagaço de malte.



Fonte: Autoria própria, 2021.

Foi elaborada uma massa de pizza, utilizando o bagaço de malte seco e triturado, conforme figura 23. Para elaboração da receita, foram utilizados 75g

de farinha de malte, 75g de farinha de trigo, 50 gramas de queijo parmesão ralado e cerca de 50ml de água para dar a liga a massa.

Figura 23: Pizza com farinha de malte



Fonte: Aatoria Própria, 2021.

Em segundo experimento no próprio LPA do UNIFESO, foi elaborado um bolinho de malte com bacon e queijo parmesão, na figura 24 é apresentada a massa crua do bolinho, os bolinhos prontos para serem assados e os bolinhos finalizados.

Figura 24: Massa do bolinho de malte



Fonte: Aatoria própria, 2021

O objetivo da produção do bolinho foi realizar uma pesquisa em termos de análise sensorial com alunos, professores e funcionários da instituição. Foram 28 provadores avaliando a aceitação global do produto, sabor, crocância, cor e intenção de compra.

Após as degustações dos alunos, foram coletados os dados de percepção por meio de uma ficha a análise sensorial e intenção de compras realizadas pelos alunos do curso de Nutrição e próprios funcionários do LPA do UNIFESO. É válido citar, que para os itens relativos diretamente ao produto, foi realizada uma avaliação de percepção, considerando os critérios de avaliação apresentados na figura 25.

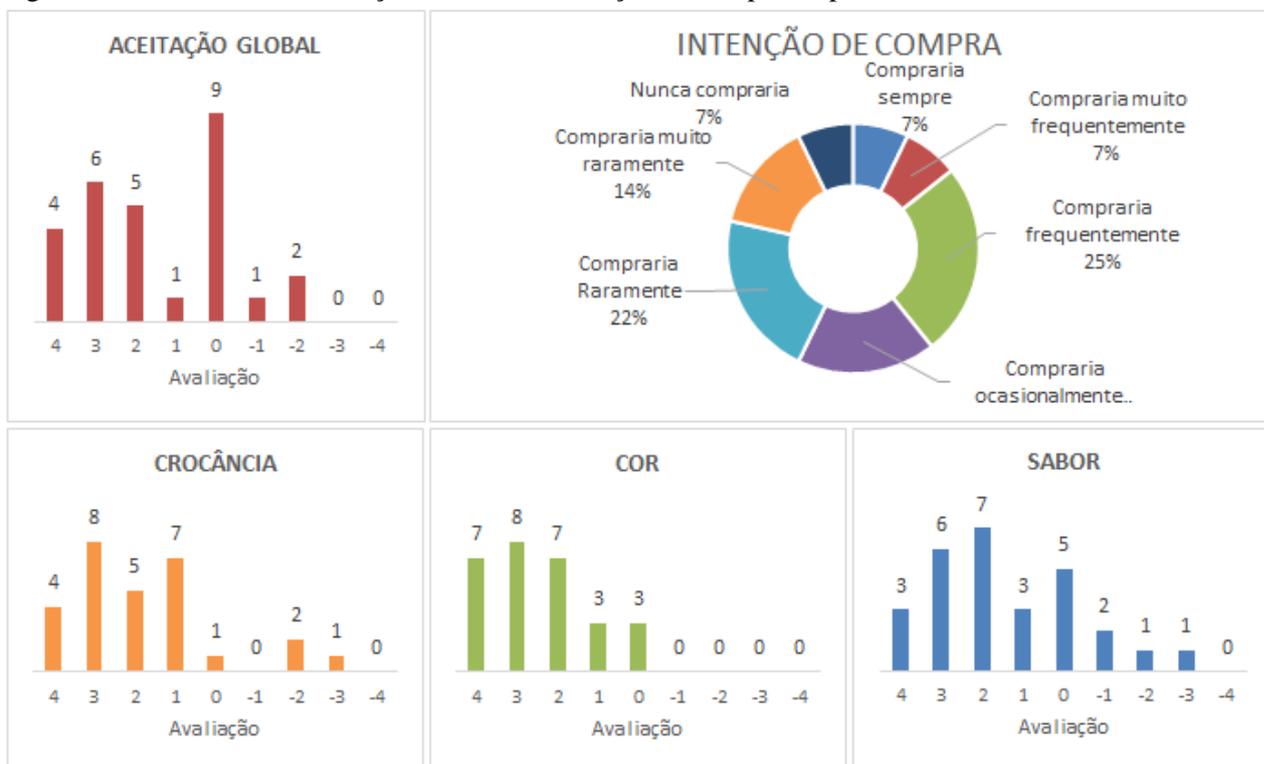
Figura 25: critérios de avaliação sensorial.

Avaliação	Critério
Gostei muitíssimo	4
Gostei muito	3
Gostei moderadamente	2
Gostei ligeiramente	1
Não gostei, nem desgostei	0
Desgostei ligeiramente	-1
Desgostei moderadamente	-2
Desgostei muito	-3
Desgostei muitíssimo	-4

Fonte: autoria própria, 2021.

No *dashboard* da figura 26 são apresentados os resultados da pesquisa. A partir da análise desta figura, é possível constatar que as receitas realizadas com a farinha de malte tiveram boa aceitabilidade pelos participantes do teste sensorial.

Figura 26: Resultados da avaliação sensorial e intenção de compra do produto

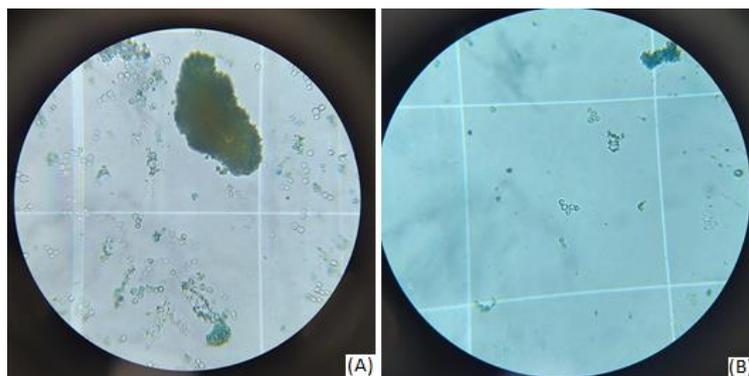


Fonte: Autoria própria, 2021.

Biologia / Biomedicina

Na realização dos experimentos, foram feitas as contagens pela Câmara de Neubauer e o processo de propagação da levedura com utilização do *starter*. Conforme pode ser observado na figura 27 (A) e (B), é possível observar a necessidade de diluição do mosto para contagem. Como esperado, os açúcares e oxigênio tanto do fermento seco quanto da lama geraram uma multiplicação das células, já que a função do *Starter* é fornecer o alimento para permitir essa reprodução.

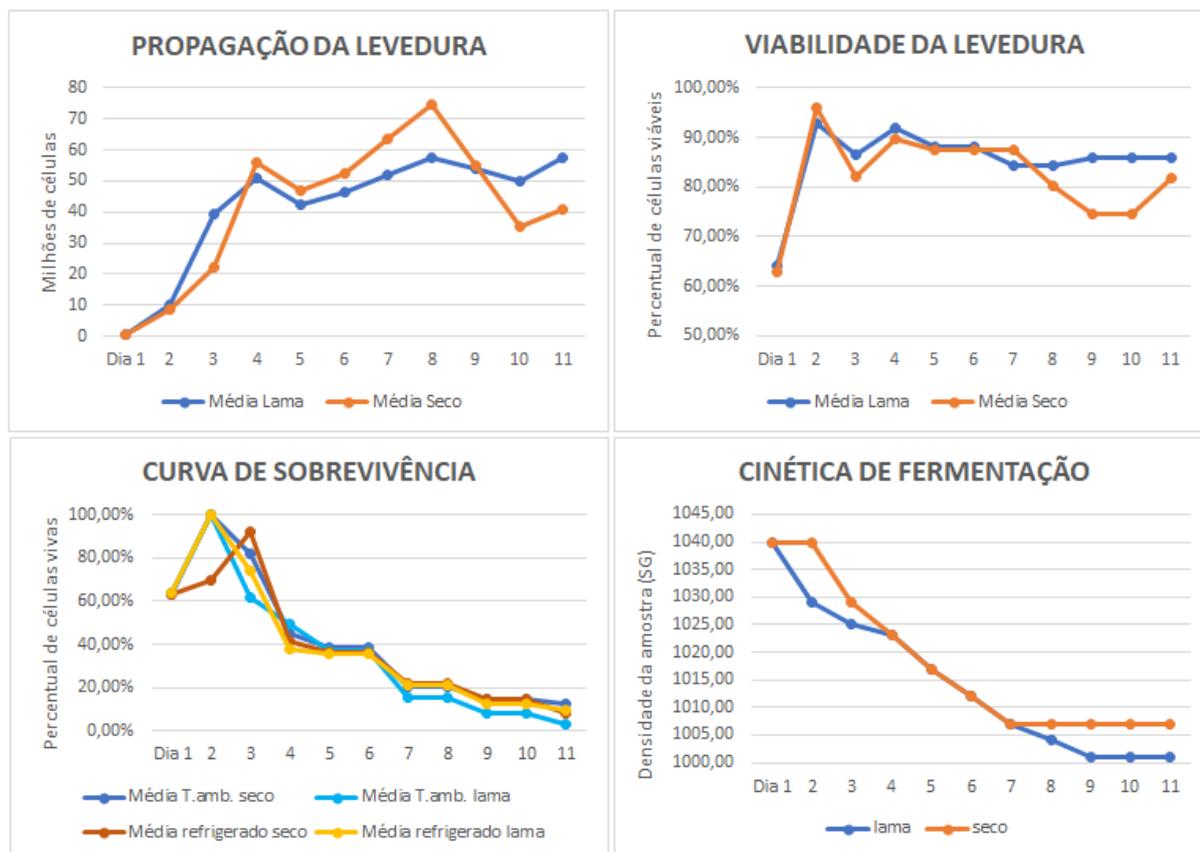
Figura 27: Propagação das leveduras – Sem diluição (A) e com diluição (B)



Fonte: Autoria própria, 2021.

As figura 28 apresenta os resultados dos experimentos realizados, indicando as curvas de propagação das leveduras, as curvas de viabilidade das leveduras, as curvas de sobrevivência à temperatura ambiente e refrigeradas e as curvas da cinética de fermentação.

Figura 28: Resultados dos experimentos (de cima para baixo e da esquerda para direita: curvas de propagação, curvas de viabilidade, curvas de sobrevivência e cinética de fermentação)



Fonte: Autoria própria, 2021.

A partir da análise do gráfico de propagação das leveduras, é possível observar uma maior propagação da lama em relação ao fermento seco, visto que a quantidade de nutrientes no meio era maior, além do fato do fermento já utilizado já estar habituado ao meio. Os números a todo momento oscilavam, inicialmente, em um intervalo de 24h, do segundo dia para o terceiro, foi obtido um aumento de quase 5 vezes da lama, enquanto no seco o aumento foi de aproximadamente 2 vezes. Observando a média dos valores obtidos, o maior valor encontrado foi no oitavo dia para o fermento seco. A distinção de lama para o seco foi observada, de fato no início, a lama obteve um aumento maior do que o seco, todavia ao longo do processo, a diferença foi diminuindo, com superação do fermento seco a partir do terceiro dia.

A partir do nono dia é observada uma queda na propagação que pode ser explicado pela diminuição da fermentação, aumento do teor alcoólico do meio e consequentemente a morte da

maioria das células, indicando a aproximação do fim do processo de fermentação.

Outra comprovação do fim do processo pode ser verificada pela figura 29, na qual os 6 frascos de erlenmeyer aparecem sem a presença de espuma na parte superior, o que indica uma redução da cinética de fermentação. Além disso, também foi feito um teste olfativo dos 6 frascos de erlenmeyer, no fermentado com a lama, o odor estava forte de cerveja. No fermentado com o fermento seco, o aroma estava leve de cerveja e bem adocicado.

Figura 29: Cerveja ao final da fermentação.



Fonte: Autoria própria, 2021.

No gráfico de viabilidade, é possível observar a média das 3 amostras de lama e das 3 amostras de fermento seco relativas à viabilidade da propagação das leveduras durante todo o experimento. As médias são bem próximas, mantendo alta viabilidade inicialmente e apresentado grande declínio a partir do sétimo dia, mais ainda, após o oitavo dia, em que o fermentado com a levedura seca teve uma queda maior para subir logo em seguida, enquanto a lama se manteve constante.

De acordo com o experimento de viabilidade, analisado pela curva de sobrevivência, foi visto que assim que terminado de preparar as amostras (seco e lama) e realizar a primeira contagem das leveduras a viabilidade registrada foi de 63% para a amostra de fermento seco reidratado e de 64% para a amostra de lama diluída em água. Em 24h se obteve uma viabilidade de 100%, com a exceção do fermento seco reidratado posto na geladeira que apresentou células mortas e uma viabilidade de 70%. Já após 48h do início dos experimentos todos os frascos apresentaram células mortas, mas ainda com uma boa viabilidade. Passando 72h é que foi perceptível que a viabilidade caiu bruscamente e a partir desse tempo foi decaindo, como esperado, de maneira mais constante.

Também foi observado que, em geral, as amostras de fermento seco reidratado em temperatura ambiente e refrigerado apresentaram

uma maior viabilidade do que as amostras de lama diluídas em água durante as duas semanas de experimento. Além disso, a partir da segunda semana de experimento, as amostras da lama refrigerada apresentaram uma viabilidade maior do que as que estavam armazenadas em temperatura ambiente.

Os resultados da parte de fermentação, observados no gráfico de cinética de fermentação foram bem perceptíveis, o consumo do açúcar pelas leveduras, conforme esperado, foi maior nos 3 primeiros dias pelas leveduras da lama, coincidindo com o consumo do fermento seco entre os dias 4 e 7. De maneira proporcional, foi aproximadamente de 0,005 de queda por dia. É possível também observar, que a densidade final do fermentado com a lama foi de 1,001 enquanto o fermentado seco ficou em 1,007, indicando que a levedura da lama consumiu mais açúcares, deixando a cerveja final com menos corpo (quantidade de açúcar residual).

Após a avaliação do processo de contagem e medição foi constatado que tanto a viabilidade quanto a propagação após um tempo decaem. Durante o experimento, tiveram momentos em que a multiplicação das células acontecia mesmo quando não eram vistos sinais de fermentação, logo no final, o que gerou resultados um tanto quanto diferentes do que era esperado. Ao mesmo tempo, a viabilidade das células caiu, conforme deveriam até o seu mínimo. Pela observação dos aspectos analisados, houve um contraste entre os frascos de Erlenmeyer de temperatura ambiente e o refrigerado. Logo, a conclusão seria que em um ambiente controlado como a geladeira, as amostras apresentaram uma maior viabilidade, enquanto na temperatura ambiente, o frio de Teresópolis à noite e o calor da manhã, podem ter contribuído para uma menor viabilidade. Por fim, a aferição da fermentação também saiu como esperado, já que foi possível perceber o consumo do açúcar para a transformação do álcool em um valor padronizado, no qual demonstrou uma diferença entre a lama e o seco, visto que a lama por ser mais nutrida, teve um maior consumo e, nos últimos dias caiu, em contrapartida que o seco estagnou.

Engenharia

Na figura 30, é apresentado um mapeamento das cervejarias de Teresópolis, identificando o local de fabricação de alguns empreendimentos que produzem cerveja próximos ao bairro Várzea. Desta forma, é possível observar que existe um bom quantitativo de fábricas próximas ao centro da cidade, permitindo uma avaliação de integração do descarte de resíduos e aquisição de insumos.

Figura 30: Cervejarias do município de Teresópolis próximas ao bairro Várzea.



Fonte: Autoria própria, elaborado a partir de dados públicos disponibilizados na internet, 2021.

Para a abertura de qualquer empresa deve-se ter diversos documentos para regularizar tal empreendimento. Para a regularização da produção de cervejas não é diferente. Dos itens apresentados na figura 31 para o CNPJ, o registro no MAPA é um dos que costumam causar mais dúvidas entre os empresários, já que diversas documentações específicas devem ser fornecidas, de acordo com as instruções normativas publicadas pelo Ministério. Os requisitos de documentação da instrução

normativa (IN) nº 72 de 16 de novembro de 2018 (GOVERNO FEDERAL, 2018) e Instrução Normativa nº 5 de 26 de maio de 2017 (GOVERNO FEDERAL, 2017) são apresentados na figura 31.

Vale ressaltar que existem alguns documentos que não são obrigatórios para o registro da empresa. Entretanto, estes devem ser considerados, por exemplo, o descritivo sobre o programa de manutenção da cervejaria.

Figura 31: documentação e requisitos necessários para abertura de uma cervejaria

Documentação para o CNPJ	Documentação Mapa	Requisitos do Projeto	Documentação para obra
Cadastro Nacional de Pessoa Jurídica (CNPJ);	Digitalização do Registro de Pessoa Física (CPF) do(s) proprietário(s) da empresa;	Área externa para acesso à cervejaria;	Planta de situação;
Contrato social;	Comprovante de inscrição do CNPJ;	Casa de máquinas;	Planta de localização;
Inscrição estadual;	Contrato social, de acordo com as leis nº 7.678, de 1988 e nº8.918, de 1994;	Estoque de barris e garrafas vazias;	Planta de cobertura;
Alvará de licença;	Alvará de funcionamento;	Estoque de caixas de papelão, rótulos e outros produtos;	Planta baixa;
Inscrição no Instituto Nacional de Seguro Social (INSS);	Anotação de responsabilidade técnica ou algum documento semelhante que seja emitido pelo Responsável Técnico (RT);	Almoxarifado para produtos de limpeza e peças reservas;	Planta de formas;
Licença ambiental;	Digitalização da carteira de trabalho e CPF do RT;	Higienização e envase dos recipientes;	Planta de instalações hidrossanitária;
Registro de marca no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI);	Projeto (planta baixa com cortes transversais e longitudinais);	Estoque de produto em temperatura ambiente;	Planta de instalações elétricas;
Alvará de Corpo de Bombeiros;	Memorial Descritivo de todas as instalações e equipamentos do local;	Câmara fria;	Planta de instalações preventiva contra incêndios;
Registro de estabelecimento no MAPA;	Manual de Boas Práticas de Fabricação de cervejas, conhecido também como Manual BPF;	Distribuição de produtos;	Planta da fachada;
Registro de produtos no MAPA.	Laudos de verificação e análise da qualidade da água do estabelecimento, sendo primordiais os seguintes parâmetros: pH, turbidez, cor, odor, cloro residual e coliformes totais.	Seção administrativa com a finalidade para produtos devolutos;	Cortes.
		Banheiros feminino e masculino com armários.	

Fonte: Autoria própria, com informações de domínio público, 2021.

Como qualquer construção ou reforma deve-se contratar um profissional de engenharia civil ou/e arquitetura para fazer projeto da cervejaria. Ainda de acordo com a figura 31, pode-se observar os requisitos mínimos do projeto da fábrica. É importante observar também, que as etapas do fluxo de produção não podem se cruzar. Por exemplo, as matérias-primas não podem cruzar com o produto final, pois o local de armazenamento das matérias-primas é um setor diferente dos produtos finais, assim evitando a contaminação do ambiente.

Na concepção do projeto é necessário considerar os tamanhos dos equipamentos e espaços com disponibilidade para trabalho. Além disso, na elaboração dos espaços é fundamental ter uma perspectiva do crescimento da empresa, pois caso a empresa cresça é indispensável ter espaço suficiente nos estoques e outros setores para

suportar a alta demanda. Também pode-se elaborar um fluxo de processo e fluxo de pessoas no layout para visualizar melhor os espaços.

Para a realização da obra, o proprietário deve entregar ao profissional contratado alguns documentos para o planejamento da obra.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este projeto fortaleceu a abordagem acadêmico-científica do processo de produção cervejeira em Teresópolis e traz dados importantes sobre o possível aproveitamento de resíduos cervejeiros em diferentes áreas.

A experimentação científica e análises realizadas com leveduras em ambiente laboratorial são de extrema importância para auxiliar os cervejeiros na decisão de reaproveitamento de uma levedura em uma nova produção de cerveja, os protocolos experimentais garantem a qualidade do

processo e permitem uma avaliação precisa da levedura para um reaproveitamento adequado. O procedimento experimental realizado pode se tornar um serviço prestado pelo laboratório para as cervejarias da região.

O esclarecimento das informações relativas à legislação cervejeira no Brasil, permitem a fácil compreensão dos critérios e processos burocráticos de forma a orientar possíveis empreendedores cervejeiros, o conhecimento dos requisitos mínimos evita o desperdício de tempo e dinheiro do investidor, tornando possível um planejamento físico financeiro adequado para a execução do projeto.

Este trabalho não visou esgotar a pesquisa cervejeira, mas sim dar início a uma nova linha de pesquisa integrada no UNIFESO, sendo realizado os primeiros experimentos relativos ao tema. Infelizmente, devido à pandemia, não foi possível realizar os experimentos de produção cervejeira, pois haveria a necessidade de um uso constante dos laboratórios por um longo período de tempo, desta forma, ficam como sugestões para trabalhos futuros a continuação da realização dos experimentos e realização dos experimentos com produção de cerveja dentro dos laboratórios do UNIFESO.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BJCP - BEER JUDGE CERTIFICATION PROGRAM. BJCP - Beer Styles. **BJCP - Beer Judge Certification Program**, 2018. Disponível em: <<https://dev.bjcp.org/beer-styles/x4-catharina-sour/>>. Acesso em: 16 Janeiro 2020.
- CERVBRASIL - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CERVEJA. CERVBRASIL - Associação Brasileira da Indústria da Cerveja. **CERVBRASIL**, 2017. Disponível em: <http://www.cervbrasil.org.br/novo_site/dados-do-setor/>. Acesso em: 16 Janeiro 2019.
- EMBUCONSULTORIA. **Como montar sua cervejaria**. A jornada de sucesso. Brasília, Distrito Federal. 2020.
- GOMES, M. **Acompanhamento da densidade do mosto durante a fermentação de cervejas produzidas em uma cervejaria artesanal**. Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Mossoró. 2018.
- GOVERNO FEDERAL. Diário Oficial da União - Instrução Normativa nº 5. **Instrução Normativa nº 5**, 13 Junho 2017. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/legislacao-1/biblioteca-de-normas-vinhos-e-bebidas/instrucao-normativa-no-5-de-31-de-marco-de-2000.pdf>>. Acesso em: 12 Junho 2021.
- GOVERNO FEDERAL. Diário Oficial da União - Instrução Normativa nº 72. **Instrução Normativa nº 72**, 12 Junho 2018. Disponível em: <https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/52490927/do1-2018-11-29-instrucao-normativa-n-72-de-16-de-novembro-de-2018-52490784>. Acesso em: 09 Junho 2021.
- GOVERNO FEDERAL. IBAMA. **Licenciamento ambiental federal**, 23 Agosto 2020. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/laf/sobre-o-licenciamento-ambiental-federal>>. Acesso em: 26 Novembro 2021.
- GOVERNO FEDERAL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Anuário da Cerveja**, 10 Junho 2021. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/com-crescimento-de-14-4-em-2020-numero-de-cervejarias-registradas-no-brasil-passa-de-1-3-mil/anuariocerveja4.pdf>>. Acesso em: 13 Junho 2021.
- GOVERNO FEDERAL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Diário Oficial da União – Instrução Normativa nº5. **Instrução Normativa nº5**, 31 Março 2000.
- MARCUSSO, E. F.; MÜLLER, C. V. **Anuário da Cerveja no Brasil 2018: Crescimento e Inovação**. MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Brasília, p. 6. 2018.
- MELO, H. H. A. et al. **Estudo de Diferentes Concentrações de Leveduras Reaproveitadas para Produção de Cerveja Artesanal "Pale Ale"**. SIC. Almenara: Instituto Federal Norte de Minas Gerais. 2017.
- RECH, K. P. M.; ZORZAN, V. **Aproveitamento de Resíduos da Indústria Cervejeira na**

Elaboração de Cupcake. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Francisco Beltrão, p. 44. 2017.

ROTA CERVEJEIRA DO RIO DE JANEIRO. Rota Cervejeira do Rio de Janeiro. **Rota Cervejeira do Rio de Janeiro**, 2014. Disponível

em: <<https://www.rotacervejeirarj.com.br/home>>. Acesso em: 16 Janeiro 2019.

SILVA, R. F. C. D.; PINHEIRO, E. M. Plano Cervejeiro de uma Microcervejaria Artesanal, Maranhão. **Produção Online, ABEPRO**, São Luís, v. 18, n. 3, p. 1102-1122, 2018.