

FACULDADE DE TECNOLOGIA DE ARAÇATUBA
CURSO DE TECNOLOGIA EM BIOCOMBUSTÍVEIS
MARCOS PEREIRA
TAFAREL GONÇAVES HENRIQUETOS

**FERMENTAÇÃO ALCOÓLICA: PROCESSO DE INÍCIO DE
MULTIPLICAÇÃO DO FERMENTO**

**ARAÇATUBA
2024**

FACULDADE DE TECNOLOGIA DE ARAÇATUBA
CURSO DE TECNOLOGIA EM BIOCOMBUSTÍVEIS
MARCOS PEREIRA
TAFAREL GONÇALVES HENRIQUETOS

FERMENTAÇÃO ALCOÓLICA: PROCESSO DE INÍCIO DE MULTIPLICAÇÃO DO FERMENTO

Trabalho de Graduação apresentado à Faculdade de Tecnologia de Araçatuba, do Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, como requisito parcial para conclusão do curso de Tecnologia em Biocombustíveis sob a orientação do Prof. Dr. Osvaldino Brandão Junior

ARAÇATUBA

2024

FACULDADE DE TECNOLOGIA DE ARAÇATUBA
CURSO DE TECNOLOGIA EM BIOCOMBUSTÍVEIS

MARCOS PEREIRA

TAFAREL GONÇALVES HENRIQUETOS

FERMENTAÇÃO ALCOÓLICA: PROCESSO DE INÍCIO DE MULTIPLICAÇÃO DO FERMENTO

Trabalho de Graduação apresentado à Faculdade de Tecnologia de Araçatuba, do Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, como requisito parcial para conclusão do curso de Tecnologia em Biocombustíveis avaliado pela banca examinadora composta pelos professores

Dr. Osvaldino Brandão Junior
Orientador - Fatec Araçatuba

Me. Hildo Costa de Sena
Fatec Araçatuba

Me. Euclides Teixeira Neto
Fatec Araçatuba

ARAÇATUBA

2024

DEDICATÓRIAS

Dedico este trabalho realizado a nossa família, que com carinho e amor tiveram paciência e nos apoiaram desde o início do curso. Aos amigos e professores, que juntos nessa jornada de transformação e conhecimento, nos apoiaram cada qual com sua expertise e contribuição para que juntos pudéssemos alcançar o denominador comum de tudo isso.

Sabemos que não foi fácil, porém toda vitória, requer o seu desafio durante a jornada de entrega dos resultados e todos os resultados são provenientes de um grande esforço aplicado.

Dedicamos para todos os envolvidos, que ao longo deste período, não tem medido esforços para contribuir conosco em tudo e temos certeza que este resultado foi conquistado com a contribuição de cada um nesta grande construção que tem nos edificado dentro de um âmbito educacional.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Deus por nos conceder fé, esperança, força e perseverança na nossa capacidade. E também nos instruir de discernimento para enfrentar os desafios e as diversas emoções pelas quais vivenciamos ao longo da vida.

Aos nossos pais, pela vida e por estarem sempre presentes nos apoiando mesmo na distância que a vida nos proporcionou, mas que sempre nos orientaram nas nossas dificuldades e fraquezas.

Aos nossos irmãos e irmãs por nos darem tanta força na nossa caminhada e acreditarem no nosso crescimento como seres humanos, pelo carinho e por nunca nos deixarem sós.

A nosso orientador Prof. Dr. Osvaldino Brandão Junior, pela orientação, dedicação e paciência. Por acreditar em nossa capacidade de cumprir mais este desafio. Por ter nos direcionado da melhor forma possível.

A todos os professores da Fatec Araçatuba que nos ajudaram e apoiaram de diversas formas, pela paciência de responderem todas as dúvidas. Pela dedicação que todos têm e por todos o ensinamento que levaremos para o resto da vida.

Às empresas que responderam aos questionamentos desta pesquisa. O nosso muito obrigado.

“O sucesso é a soma de pequenos esforços repetidos dia após dia.”

(Robert Collier)

RESUMO

Vide uma possível falta de combustíveis fósseis no futuro é buscado novas formas de substituí-lo um deles é o álcool feito a partir da cana de açúcar sendo que para obtenção desse produto é necessário fazer um processo de fermentação através de leveduras. O processo fermentativo é um processo bioquímico que ocorre em ambientes anaeróbicos, onde microorganismos principalmente bactérias e fungos utilizam açúcar como fonte de energia. Diante deste contexto, o presente estudo busca analisar a multiplicação da levedura, acompanhando a quantidade de açúcar inserido durante o processo, verificando a temperatura, onde se desenvolve a levedura. Para tanto optou se inicialmente pela pesquisa bibliográfica e descritiva. Espera se que o etanol pode sim ser uma fonte de energia renovável para substituir alguns subprodutos de fontes não renováveis.

Palavras-chaves: Etanol. Fermentação. Levedura. Cana-de-açúcar.

ABSTRACT

See a possible lack of fossil fuels in the future, new ways to replace them are sought, one of them is alcohol made from sugar cane, and to obtain this product it is necessary to carry out a fermentation process using yeast. The fermentation process is a biochemical process that occurs in anaerobic environments, where microorganisms, mainly bacteria and fungi, use sugar as an energy source. Given this context, the present study seeks to analyze the multiplication of yeast, following the amount of sugar inserted during the process, verifying the temperature, where the yeast develops. For this purpose, we initially opted for bibliographical and descriptive research. It is hoped that ethanol can indeed be a renewable energy source to replace some by-products from non-renewable sources.

Keywords: Ethanol. Fermentation. Yeast. Sugar cane.

SUMÁRIO

Dedicatórias	4
Agradecimentos	5
RESUMO.....	7
ABSTRACT.....	8
Introdução	10
1.1 A fermentação	10
1.2 História da fermentação	11
1.3 Leveduras.....	12
2 Materiais e Métodos.....	14
2.1 Fluxograma	14
2.2 Procedimento de início de multiplicação do fermento para início de safra.....	15
2.3 Assepsia e multiplicação do fermento e início do processo com adição de água	16
2.4 Adição do fermento.....	16
2.5 Tempo de hidratação	17
2.6 Adição de mosto.....	18
2.7 Agitação da cuba.....	19
2.8 Controle do Brix e temperatura na fermentação.....	20
2.9 Adição de nutrientes:.....	21
2.10 Dosagem de antibióticos	22
2.11 Transferência entre cubas.....	23
2.12 Transferência para dornas	24
2.13 Processo de centrifugação	25
3. Resultados e Discussões.....	26
2.1 Eficiência da multiplicação do fermento.....	26
2.2 Influência dos nutrientes e antibióticos	27
2.3 Análise da centrifugação	27
4. Conclusão.....	27
Referências	28

INTRODUÇÃO

1.1 A fermentação

A fermentação alcoólica é um processo biológico essencial na produção de etanol, sendo amplamente utilizado nas indústrias de bebidas e biocombustíveis. Este processo consiste na conversão de açúcares, presentes em diversas matérias-primas, em etanol e dióxido de carbono por leveduras, com destaque para as do gênero *Saccharomyces*. Essas leveduras são micro-organismos unicelulares que desempenham um papel crucial na fermentação, pois são capazes de metabolizar açúcares em condições anaeróbicas, resultando na produção de etanol, que é uma fonte de energia renovável.

A importância da fermentação alcoólica se reflete não apenas na produção de bebidas alcoólicas, como cervejas e vinhos, mas também na geração de biocombustíveis, especialmente em um contexto global que busca alternativas sustentáveis às fontes de energia convencionais. O etanol produzido através da fermentação alcoólica é utilizado como um aditivo para gasolina ou como um biocombustível puro, contribuindo para a redução das emissões de gases de efeito estufa e promovendo a sustentabilidade ambiental.

A eficiência da fermentação alcoólica pode ser influenciada por uma série de fatores, incluindo temperatura, pH, concentração de nutrientes e a presença de contaminantes. A temperatura, por exemplo, é um fator crítico, pois cada espécie de levedura tem uma faixa de temperatura ideal para seu crescimento e atividade fermentativa. Estudos indicam que "fatores como temperatura, pH, concentração alcoólica e presença de sulfito relacionam-se diretamente com o desempenho da levedura e sua viabilidade" (Góes-Favoni *et al.*, 2018). Essa relação destaca a necessidade de compreender as condições ideais para a fermentação, uma vez que a otimização desses parâmetros pode levar a um aumento significativo na produção de etanol e na qualidade do produto final.

Particularmente no Brasil, que se destaca como o maior produtor mundial de etanol, a compreensão das dinâmicas envolvidas na fermentação é crucial. O país possui uma vasta experiência na produção de biocombustíveis, tendo desenvolvido tecnologias e práticas agrícolas que favorecem a produção eficiente de cana-de-açúcar, a principal matéria-prima para a produção de etanol. O conhecimento das bases científicas que regem o processo fermentativo nas diferentes fases da produção pode contribuir para a redução de problemas e

o aumento da eficiência produtiva (Góes-Favoni *et al.*, 2018). Isso inclui a implementação de técnicas de controle de qualidade, monitoramento das condições de fermentação e seleção de cepas de leveduras que maximizem a produção de etanol.

Além disso, a identificação das espécies de leveduras presentes em um ambiente de fermentação é fundamental para otimizar a produção de etanol. Pesquisadores têm observado que a predominância de determinadas espécies, como *Saccharomyces cerevisiae*, pode influenciar significativamente o sucesso do processo fermentativo (Cabrini e Gallo, 1998). A *Saccharomyces cerevisiae* é amplamente utilizada na indústria devido à sua alta eficiência na conversão de açúcares em etanol, além de sua resistência a altas concentrações de álcool. Compreender a dinâmica das leveduras durante a fermentação é, portanto, essencial para melhorar a eficiência e a qualidade do produto final.

A pesquisa e o desenvolvimento contínuos nesse campo são vitais, pois as demandas por biocombustíveis aumentam, assim como a necessidade de práticas sustentáveis na produção agrícola e industrial. O entendimento aprofundado dos processos fermentativos e a aplicação de inovações tecnológicas podem transformar a indústria do etanol, tornando-a mais competitiva e ambientalmente responsável.

1.2 História da fermentação

A fermentação é um processo biológico que tem sido utilizado pela humanidade há milênios. Civilizações antigas, como os egípcios, já utilizavam a fermentação para a produção de cerveja e pão, alimentos fundamentais em sua dieta. Segundo o historiador David W. McCready, "a fermentação foi uma das primeiras formas de biotecnologia utilizada pelo homem" (McCready, 2009).

Na Idade Média, esse processo se tornou mais refinado, especialmente na produção de vinho. Os monges beneditinos, por exemplo, aperfeiçoaram as técnicas de vinificação, contribuindo significativamente para a qualidade dos vinhos europeus. Como mencionado por John P. McGovern, "a arte da fermentação é um testemunho da engenhosidade humana e da busca por sabores e aromas complexos" (McGovern, 2003).

A história da fermentação remonta à Antiguidade, quando civilizações como os egípcios e os mesopotâmicos descobriram que a combinação de água, açúcar e leveduras resultava em produtos como pão e cerveja. De acordo com Allchin (2013), "a fermentação foi uma das primeiras formas de manipulação de micro-organismos, essencial para o

desenvolvimento da agricultura e da culinária". Essa prática se espalhou por diversas culturas, adaptando-se às condições locais e aos ingredientes disponíveis.

Durante a Idade Média, a fermentação ganhou destaque na Europa, especialmente na produção de vinho e cerveja. Os monges, que eram os principais produtores de cerveja, aperfeiçoaram as técnicas de fermentação, o que não só melhorou a produção de alimentos, mas também influenciou as práticas sociais e culturais das comunidades. Como mencionado por Baldinato e Porto (2008), "os avanços na fermentação não só melhoraram a produção de alimentos, mas também influenciaram as práticas sociais e culturais das comunidades".

Assim, a fermentação se consolidou como um elemento crucial na história da alimentação e da cultura humana, refletindo a engenhosidade e a adaptação das sociedades ao longo do tempo.

1.3 Leveduras

As leveduras, especialmente as do gênero *Saccharomyces*, desempenham um papel central, sendo amplamente utilizadas em processos industriais. A espécie mais destacada, *Saccharomyces cerevisiae*, é reconhecida por sua eficiência em condições não estéreis e por suportar fatores adversos, como altas concentrações de etanol e variações de temperatura. Cláudia Steckelberg observa que "as leveduras mais utilizadas na produção de etanol apresentam-se normalmente na forma unicelular e com 2 a 8 micrômetros de diâmetro" (Steckelberg, 2001, p. 13).

Além de *Saccharomyces cerevisiae*, o artigo menciona outras espécies relevantes. Entre elas, *Saccharomyces chevalieri* e *Saccharomyces coreanus*, que, segundo a classificação de Barnett (1992), são variantes de *S. cerevisiae* e, por isso, apresentam características semelhantes. Outras leveduras, como *Pichia stipitis* e *Candida shehatae*, são exploradas em estudos devido à capacidade de fermentação de açúcares como a xilose (Steckelberg, 2001, p. 15).

Fatores como o pH e a temperatura influenciam diretamente na eficiência do processo fermentativo. Por exemplo, valores de pH entre 4 e 5 são considerados ideais, enquanto temperaturas superiores a 30°C podem prejudicar o rendimento e favorecer o crescimento de bactérias contaminantes. Conforme Steckelberg destaca, "o pH ótimo para a produção de etanol por leveduras situa-se geralmente na faixa de 4 a 5" (Steckelberg, 2001, p. 17). Esses fatores, combinados à resistência das linhagens de *S. cerevisiae*, garantem sua predominância

em processos industriais.

Desta forma, embora outras leveduras apresentem potencial em estudos específicos, *Saccharomyces cerevisiae* continua sendo a mais empregada devido à sua robustez e capacidade de garantir alta produtividade em condições adversas.

Abaixo podemos verificar uma imagem das leveduras em microscópio eletrônica (Figura 1) e a contagem de células em câmara de Neubauer (Figura 2).

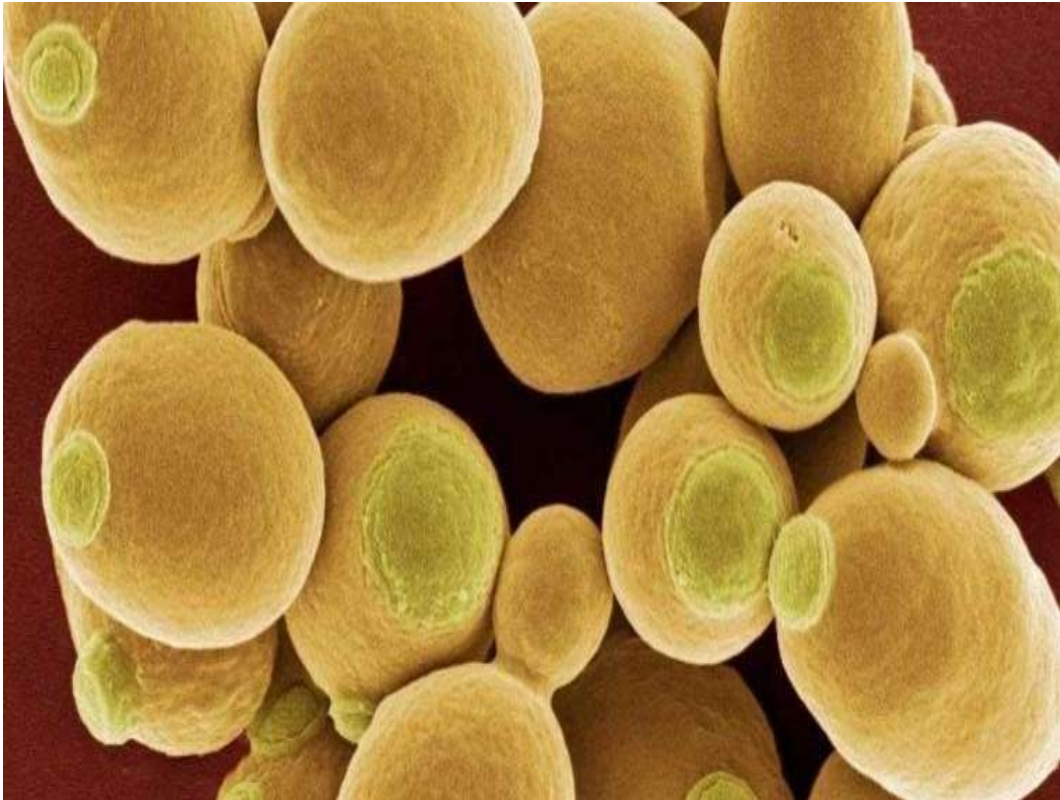


Figura 1 - Levedura *Saccharomyces cerevisiae*.

Fonte: <https://beercast.com.br/leia-o-rotulo/cerveja-artesanal-caseira-as-leveduras/>.

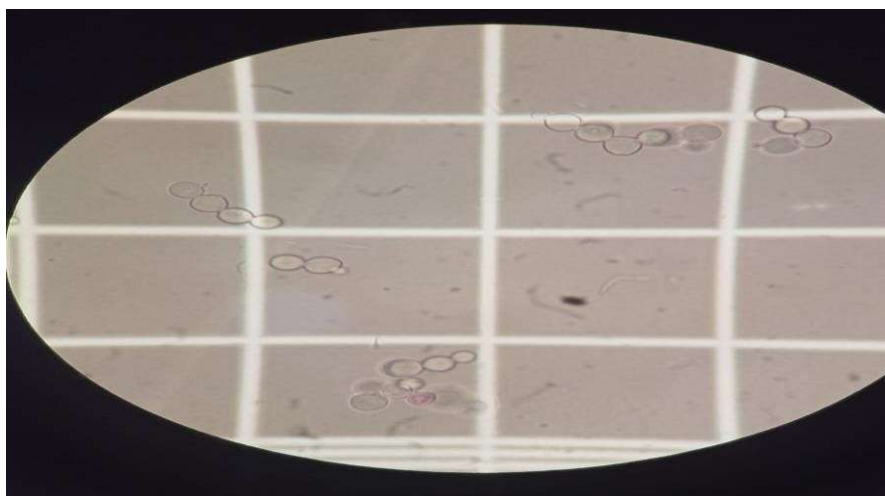


Figura 2 - Levedura no microscópio.

Fonte: Figura do autor.

2. Materiais e Métodos

2.1 Fluxograma

Para início deste estudo vamos observar um fluxograma do processo fermentativo que servirá para melhor entendimento do presente trabalho (Figura 03).

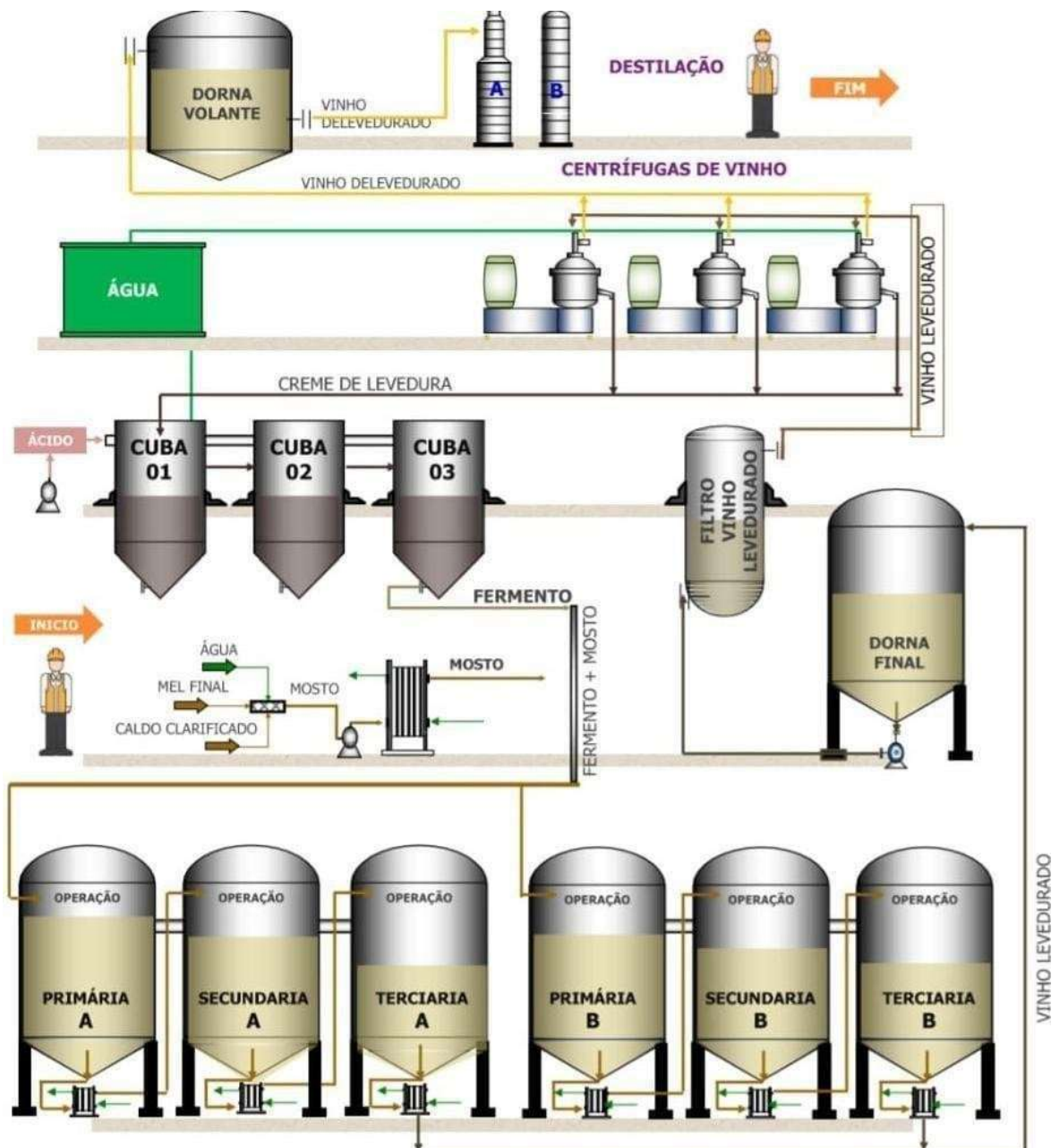


Figura 03 - Fluxograma do processo fermentativo.
Fonte: Figura do autor.

2.2 Procedimento de Início de multiplicação do fermento para início de safra

A multiplicação de fermento é um processo essencial que assegura o desenvolvimento de uma população saudável de leveduras, fundamental para a qualidade e eficiência da fermentação. Tendo isto como base é importante ser abordado as principais práticas e recomendações , controles essenciais e a fundamentação teórica por trás de cada etapa, proporcionando uma visão completa e detalhada sobre como ocorre a multiplicação do fermento com isto foi feito acompanhamento no processo para melhor entender como ocorre e quais são os pontos mais relevantes para que ocorra este processo sendo listada e explicada cada parte do processo e os resultados que se obtêm ao final de cada etapa feita.

O início da multiplicação do fermento começa com a realização da assepsia de todos equipamentos que receberá o fermento sendo eles as cubas e as dornas.

Abaixo verificamos alguns dos equipamentos que devem passar por assepsia, como as dornas (Figura 4).



Figura 4 - Dornas passando por assepsia.

Fonte: Figura do autor.

2.2 Assepsia e multiplicação do fermento e início do processo com adição de água

A água de boa qualidade é adicionada à cuba até cobrir a primeira pá do agitador que é próximo de 20% da capacidade total do equipamento, garantindo que o volume para o início do processo seja suficiente para a hidratação uniforme do fermento. A qualidade da água é essencial, pois impurezas, como metais pesados ou cloro, podem afetar a saúde do fermento. Para termos um bom desempenho, a temperatura deve estar entre 34 e 37°C, pois essa faixa estimula a absorção de água pelas células de fermento, promovendo uma reativação celular eficiente.

2.3 Adição do fermento

Quando a cuba estiver com a quantidade ideal de água inicia-se a adição do fermento à cuba. É necessário distribuir o fermento de maneira uniforme para evitar a formação de grumos, que podem resultar em uma hidratação incompleta para que isso não ocorra é injetado ar comprimido na parte inferior interna da cuba até que seu volume possibilite a ligar o agitador mecânico dito isto, é recomendável que o fermento seja adicionado lentamente, permitindo que cada porção tenha contato com a água, melhorando a absorção e a reativação das células (Figura 5).



Figura 5 - Adição do fermento.
Fonte: Figura do autor.

2.4 Tempo de hidratação

O fermento foi deixado hidratando por 20 a 40 minutos. Esse tempo permite que as células absorvam a quantidade ideal de água, assim suas funções celulares serão acionadas. A temperatura da água influencia diretamente no tempo de hidratação do fermento (Figura 6): temperaturas muito baixas retardam a absorção, exigindo maior tempo para garantir a reativação. Durante essa parte do processo, é necessário o monitoramento constantemente da temperatura da cuba para assegurar que permaneça dentro da faixa ideal.



Figura 6 - Fermento em hidratação.
Fonte: Figura do autor.

2.5 Adição de mosto

Depois de feita a hidratação, é colocado a quantidade de mosto com uma concentração de açúcar inicial de 5 a 10° Brix suficiente para dobrar o volume da cuba, incluindo a água e o fermento (Figura 7). A adição controlada de açúcares faz com que o fermento se adapte neste novo ambiente sem estresse excessivo, estimulando o início da multiplicação. O aumento de volume ajuda a fornecer nutrientes suficientes para o crescimento inicial do fermento sem diluição excessiva do meio. Um mosto com Brix muito elevado pode dificultar a reidratação das células de fermento, resultando em estresse e redução da viabilidade celular. É recomendável que o mosto seja pré-filtrado para remover quaisquer partículas que possam interferir na hidratação e multiplicação das células.



Figura 7 - Adição de mosto.
Fonte: Figura do autor.

2.6 Agitação da cuba

É necessário um sistema de agitação e, se disponível, o sistema de recirculação. A agitação contínua faz com que o fermento seja distribuído igualmente no mosto, evitando a decantação para o fundo da cuba. Esse processo favorece uma exposição uniforme das células aos nutrientes, essencial para uma multiplicação uniforme. Além disso, com uma boa circulação aumenta a troca de gases, ajudando a evitar ambientes anaeróbicos excessivos, o que pode levar a fermentação indesejada neste estágio inicial. Na Figura 8 podemos visualizar um exemplo de decantação.



Figura 8 - Exemplo de uma decantação ocorrida em laboratório.
Fonte: Figura do autor.

2.7 Controle do Brix e temperatura na fermentação

Após aproximadamente 2 horas desde o início da fermentação, ou quando o Brix da cuba atingir o valor mais próximo de 3°, se iniciar uma alimentação contínua. Essa dosagem deve ser regulada para manter o Brix dentro da faixa de 3,5° a 4,5°. Manter nessas condições é importante, pois equilibra a disponibilidade de açúcares, possibilitando a multiplicação das leveduras sem levar a uma fermentação excessiva, que pode acarretar à produção de subprodutos indesejados e afetar a qualidade final do produto.

É essencial também monitorar continuamente a temperatura do mosto durante todo o processo fermentativo. Se a temperatura ultrapassar 34°C, será necessário colocar água fria para correção da temperatura. O controle da temperatura é de muita importância, pois temperaturas altas podem comprometer a viabilidade das leveduras, prejudicando sua saúde e, conseqüentemente, a eficiência do processo fermentativo que pode resultar em estresse nas leveduras, levando a uma fermentação irregular e à formação de compostos indesejáveis, o que pode afetar negativamente o produto final.

Portanto, se faz importante um acompanhamento eficaz do Brix e da temperatura para que seja garantido no processo em um ambiente favorável para as leveduras e garantir a qualidade do fermento.

Na Figura 9 podemos identificar a medição de Brix e na Figura 10 podemos observar a medição da temperatura no meio fermentativo.



Figura 9 - Medição de Brix.

Fonte: Figura do autor.

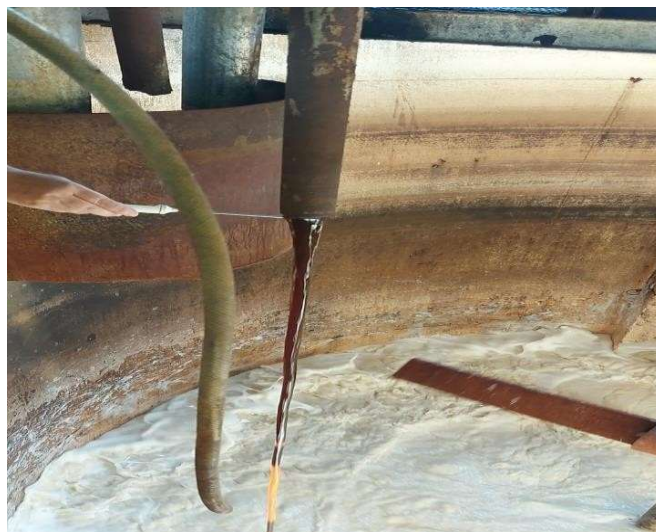


Figura 10 - Medição de temperatura.
Fonte: Figura do autor.

2.8 Adição de nutrientes

O nutriente utilizado foi Nitrofós.

A adição de nutrientes líquidos concentrados é fundamental para estabilidade do processo e a saúde do fermento. Esses nutrientes desempenham um papel importante, pois ajudam a promover o crescimento adequado das leveduras, fazendo que o fermento fique ativo e saudável durante todo o processo.

A dosagem padrão recomendada para a adição de nutrientes é de 1,5 litros de nutriente líquido para cada metro cúbico de mosto. Deve se respeitar essa dosagem para garantir que a levedura receba uma quantidade correta de nutrientes necessários para seu desenvolvimento e atividade.

Antes de serem adicionados à cuba, os nutrientes devem ser diluídos em um tambor. Essa etapa é importante, pois a diluição ajuda a garantir uma distribuição mais uniforme do nutriente no mosto. Uma boa distribuição homogênea é necessária para que todas as leveduras presentes tenham acesso igual aos nutrientes, evitando áreas de concentração que podem atrapalhar o processo.

Os nutrientes utilizados devem conter os elementos essenciais como cálcio, magnésio, potássio, zinco, cobre e manganês. Cada um desses componentes realiza um papel específico na otimização da saúde e do desempenho do fermento. Por exemplo, o cálcio é importante para a estrutura celular, enquanto o magnésio atua como um cofator em várias reações

enzimáticas.

Portanto, os nutrientes e a forma como são preparados e adicionados ao mosto são fatores importantes que não podem ser negligenciados. Deve-se ter um manejo cuidadoso nessa fase pois pode resultar em um fermento mais robusto e eficiente, contribuindo para um processo de fermentação mais estável e produtivo. Assim, a atenção a esses detalhes é essencial para o sucesso da multiplicação.

2.9 Dosagem de antibióticos

Antibiótico usado Penicilina.

Após feito o corte ocorre a necessidade de dosar Antibióticos já a partir da primeira divisão da cuba, a dosagem ideal é de 3 ppm em relação ao volume total da cuba. O intuito deste procedimento é ajudar a controlar a ocorrência de micro-organismos indesejáveis dentro do processo, principalmente bactérias lácticas que podem competir com o fermento pelos nutrientes. A adição logo no início é recomendada para impedir a colonização de contaminantes antes que o fermento alcance uma concentração significativa. No entanto, há necessidade de controlar rigorosamente a dosagem para evitar efeitos adversos sobre o fermento. Este reforço na proteção antibiótica é fundamental à medida que a densidade populacional do fermento aumenta, e a quantidade de nutrientes adicionados deve ser suficiente para manter o crescimento contínuo sem deficiências.

2.10 Transferência entre cubas capacidade para 70 m³

Quando completamente cheia a primeira cuba, será realizado o corte para a segunda cuba. Nesse momento, a alimentação da primeira cuba será temporariamente interrompida. Em seguida, procederemos com uma divisão igualitária do conteúdo entre as duas cubas, assegurando que ambas recebam volumes proporcionais e adequados.

Feita essa divisão, é retomado a dosagem de mosto, nutrientes, ajustando as quantidades de acordo com o volume total das duas cubas. É importante que ambas estejam devidamente alimentadas até atingirem sua capacidade máxima. Durante esse processo, também iniciaremos a dosagem dos antibióticos necessários, que serão adicionados conforme a necessidade específica de cada cuba, levando em consideração fatores como a saúde da

cultura e possíveis contaminações.

Esse mesmo procedimento será repetido quando realizar a divisão para três cubas. Assim, aumentaremos o número de cubas em operação, garantindo que cada uma receba a quantidade adequada de nutrientes e antibióticos. O controle rigoroso durante todo o processo é essencial para manter a qualidade e a eficiência do cultivo, assegurando que todas as cubas operem de forma de igualdade e produtividade.

Nas Figuras 11 e 12 podemos observar uma cuba em operação.



Figura 11 - Cuba em operação.

Fonte: Figura do autor.



Figura 12 - Cuba em operação sendo feitas algumas dosagens.

Fonte: Figura do autor.

2.11 Transferência para dornas capacidade para 300 m³

Após concluído a etapa das cubas se inicia a transferência para as dornas que são separadas em primaria A e B, neste início é utilizado apenas as dornas primárias A sendo assim para iniciar a transferência é parada a alimentação de mosto nutrientes e antibióticos nas cubas feito isso todo conteúdo das três cubas é enviado uma de cada vez para a dorna, após essa transferência é retomado a alimentação do mosto nutrientes e antibióticos seguindo os mesmos parâmetros das cubas mas com capacidade maior, e sempre monitorando o Brix do meio fermentativo que deve ser o mesmo das cubas entre 3,5 a 5,0.

Para manter uma temperatura controlada dentro da dorna é utilizado um trocador de calor para manter a temperatura entre 32,5°C a 33,5°C.

Nas dornas também se inicia a dosagem de antiespumante devido a temperatura e o metabolismo do fermento que ocasiona a formação de espuma.

Após atingir seu volume máximo de trabalho é feito novamente a paralisação da dorna primaria A e a divisão para a dorna primaria B concluído essa divisão se retoma a alimentação do mosto nutriente e antibiótico seguindo os parâmetros citados anteriormente até ser completado o volume delas.

Após cheios é mantida a alimentação nas dornas e o excedente transborda para a próxima dorna chamada de secundaria A que após cheia transborda para a terciária A e que em seguida transborda para a dorna final nesta última é feita as análises de taxa de brotamento, viabilidade do fermento, Brix e grau GL e a cada dorna é acompanhado a queda do Brix sendo que quando chegar na dorna final o mesmo deve estar com zero de Brix para se iniciar a etapa de centrifugação.

Na Figura 13 visualizamos a combinação de dornas.



Figura 13 - Combinação de dornas.
Fonte: Figura do autor.

2.12 Processo de centrifugação

Após concluir o nível de 40% a 50% e respeitando um tempo fermentação que fica entre 7 a 8 horas será iniciado a separação do fermento do vinho levedurado através do processo de centrifugação onde todo o fermento separado pelo equipamento será enviado de volta a cuba para novamente receber o tratamento e tornar o processo contínuo e o vinho delevedurado segue para outra dorna chamada de dorna volante.

Na Figura 14 podemos observar centrifugas de levedo.



Figura 14 - Centrifugas de levedo.
Fonte: Figura do autor.

3. Resultados e Discussões

3.1 Eficiência da multiplicação do fermento

A multiplicação do fermento foi acompanhada em várias etapas do processo, desde a hidratação até a transferência para as dornas e centrifugação. Os seguintes pontos foram observados.

Hidratação: O tempo de hidratação necessário (20 a 40 minutos) foi fundamental para garantir que as células de fermento absorvessem água adequadamente, resultando em alta viabilidade celular. A temperatura da água, mantida entre 34°C e 37°C, favoreceu a reativação das células.

Adição de Mosto: A introdução controlada de mosto, com uma concentração de açúcar inicial entre 5° e 10° Brix, permitiu que o fermento se adaptasse ao novo ambiente sem sofrer estresse excessivo. Isso favoreceu uma multiplicação saudável das leveduras.

Controle do Brix e Temperatura: Durante a fermentação, o monitoramento constante do Brix (mantido entre 3,5° e 4,5°) e da temperatura (não ultrapassando 34°C) foi essencial

para evitar a fermentação excessiva e assegurar a saúde das leveduras.

3.2 Influência dos nutrientes e antibióticos

A adição de nutrientes líquidos concentrados, na proporção de 1,5 litros por metro cúbico de mosto, mostrou-se crucial para a estabilidade do processo. Esses nutrientes contribuíram para o crescimento adequado das leveduras, resultando em um fermento mais ativo e saudável.

Além disso, a dosagem de antibióticos logo após a primeira divisão da cuba (3 ppm) foi eficaz na prevenção de contaminações por micro-organismos indesejáveis, como bactérias lácticas. Essa abordagem foi fundamental para manter a pureza do fermento e garantir uma fermentação eficiente.

3.3 Análise da centrifugação

Após o processo de fermentação, a separação do fermento do vinho levedurado foi realizada por meio da centrifugação. Este método não apenas garantiu a recuperação do fermento para ciclos subsequentes, mas também possibilitou a análise da viabilidade do fermento e do Brix. Os resultados indicaram que a centrifugação, quando realizada entre 40% e 50% de fermentação, foi eficaz na obtenção de um produto final de alta qualidade.

4. Conclusão

Foi concluído neste trabalho que a produção de etanol por meio da fermentação alcoólica, especialmente utilizando a levedura *Saccharomyces cerevisiae*, é um processo crucial para o desenvolvimento de biocombustíveis renováveis. A fermentação, que transforma açúcares em etanol e dióxido de carbono, tem grande relevância na indústria de biocombustíveis, especialmente quando se considera a cana-de-açúcar como matéria-prima.

Este estudo mostrou que a eficiência do processo fermentativo depende de diversos fatores, como a temperatura, a concentração de açúcar (Brix), o preparo do fermento e o uso de nutrientes e antibióticos. A gestão cuidadosa de todas essas variáveis ao longo do processo

pode melhorar a produção de etanol, garantindo a qualidade do produto final.

Ao adotar práticas adequadas e controlar as condições ideais de fermentação, como a temperatura e o pH, é possível otimizar a produção de etanol, reduzindo desperdícios e aumentando a eficiência. Isso faz do etanol uma alternativa promissora e renovável aos combustíveis fósseis, contribuindo para a redução das emissões de carbono e promovendo um futuro mais sustentável.

Portanto, é fundamental que as pesquisas nessa área continuem avançando, permitindo que a produção de etanol se torne cada vez mais eficiente e desempenhe um papel central na transição para fontes de energia mais limpas e renováveis.

REFERÊNCIAS

BALDINATO, José Otavio; PORTO, Paulo Alves. **Michael Faraday e A História Química de Uma Vela: Um estudo de caso sobre a didática da ciência.** Química Nova na Escola, v. 30, p. 16-23, 2008.

CABRINI, Katia Teresinha; GALLO, Claudio Rosa. **Identificação de leveduras no processo de fermentação alcoólica em usina do estado de São Paulo, Brasil.** Scientia Agricola, v. 56, p. 207-216, 1999.

DE GÓES-FAVONI, Silvana Pedrosa *et al.*. **Fermentação alcoólica na produção de etanol e os fatores determinantes do rendimento.** Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais, v. 9, n. 4, p. 285-296, 2018.

MCCREADY, D. W. **A história da fermentação: Uma perspectiva biotecnológica.** Nova York: Academic Press. 2009.

MCGOVERN, J. P. **Vinho antigo: A busca pelas origens da viticultura.** Princeton: Princeton University Press. 2003.

STECKELBERG, Cláudia. **Caracterização de leveduras de processos de fermentação alcoólica utilizando atributos de composição celular e características cinéticas.** Campinas (Brasil): Faculdade de Engenharia Química da Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2001.