



**INSTITUTO FEDERAL DE ALAGOAS
CAMPUS PENEDO
CURSO TÉCNICO SUBSEQUENTE EM QUÍMICA**

EDINALDO SANTOS BARBOSA

CONDUÇÃO DO PROCESSO FERMENTATIVO NA USINA MARITUBA

PENEDO, AL

2022

EDINALDO SANTOS BARBOSA

CONDUÇÃO DO PROCESSO FERMENTATIVO NA USINA MARITUBA

Artigo científico apresentado ao Curso Técnico de Nível Médio Subsequente em Química do Instituto Federal de Alagoas, *campus* Penedo, como requisito parcial para a obtenção do grau de Técnico em Química.

Orientador (a): Prof. Felipe Thiago Caldeira de Sousa

PENEDO, AL
2022



Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Instituto Federal de Alagoas
Campus Penedo
Biblioteca

B238c

Barbosa, Edinaldo Santos.

Condução do processo fermentativo na usina Marituba /
Edinaldo Santos Barbosa. – 2022.
14f. : il.

Orientação: Prof. Felipe Thiago Caldeira de Souza.

Trabalho de Conclusão de Curso (Técnico de Nível Médio
Subsequente em Química) – Instituto Federal de Alagoas,
Campus Penedo, Penedo, 2022.

Trabalho acadêmico em versão digital.

1. Processos industriais - Álcool. 2. Fermentação alcoólica.
3. Indústria Sucroalcooleira. I. Souza, Felipe Thiago Caldeira de. II.
Título.

CDD: 662

Maria Luzia Alexandre de Oliveira
Bibliotecária/Documentalista
CRB-4/2159

EDINALDO SANTOS BARBOSA

CONDUÇÃO DO PROCESSO FERMENTATIVO NA USINA MARITUBA

Artigo científico apresentado ao Curso Técnico de Nível Médio Subsequente em Química do Instituto Federal de Alagoas, *campus* Penedo, como requisito parcial para a obtenção do grau de Técnico em Química.

APROVADO(A) EM: 20/04/2022.

BANCA EXAMINADORA

FELIPE THIAGO CALDEIRA DE
SOUZA:05237308457

Assinado de forma digital por FELIPE THIAGO
CALDEIRA DE SOUZA:05237308457
Dados: 2022.05.17 08:55:39 -03'00'

Prof. Felipe Thiago Caldeira de Souza (orientador)
Instituto Federal de Alagoas - IFAL



Profa. Taciana do Nascimento Santos
Instituto Federal de Alagoas - IFAL



Prof. Wellington Santos
Instituto Federal de Alagoas - IFAL

CONDUÇÃO DO PROCESSO FERMENTATIVO NA USINA MARITUBA
**CONDUCTION OF FERMENTATIVE PROCESS AT THE MARITUBA SUGAR-
ALCOHOLIC PLANT**

EDINALDO SANTOS BARBOSA¹

RESUMO

O Brasil é um dos maiores produtores de etanol do mundo, tendo sido o primeiro produtor a usar a cana-de-açúcar como matéria prima principal. Uma etapa importante no processo de produção do etanol é a fermentação do caldo extraído da cana, que pode ser realizada utilizando diferentes métodos. O objetivo deste trabalho foi apresentar o processo fermentativo, através de revisão de literatura e do acompanhamento das principais etapas do processo realizado na Usina Caeté S/A – Unidade Marituba - localizada no município de Igreja Nova, Alagoas. Como resultado do estudo, o presente trabalho detalha o processo industrial de fermentação do mosto, por meio da levedura *Saccharomyces cerevisiae*, e a condução desse processo na usina Marituba, que utiliza o método de batelada alimentada com reciclo de células. Além disso, são discutidas variáveis do processo e parâmetros importantes para obtenção de um produto final de qualidade, dentro das especificações exigidas. Por fim, ressalta-se a importância de profissionais qualificados para a condução da fermentação alcoólica, tendo sido exposta nesse trabalho a experiência prática do autor em sua vivência como auxiliar na usina Marituba e a contribuição das aulas práticas e teóricas do curso técnico em Açúcar e Alcool para a sua formação.

Palavras-chave: Fermentação alcoólica; Leveduras; Condução do processo; Usina Marituba.

ABSTRACT

Brazil is one of the largest ethanol producers in the world, having been the first producer to use sugarcane as its main raw material. An important step in the ethanol production process is the fermentation of the juice extracted from sugarcane, which can be carried out using different methods. The objective of this work was to present the fermentation process, through a literature review and supervising of the main steps of the process carried out at Usina Caeté S/A - Marituba Unit - located in the municipality of Igreja Nova, Alagoas. As a result of this study, the present work details the industrial process of fermentation, using the yeast *Saccharomyces cerevisiae*, and the conduction of this process at the Marituba plant, which uses the fed-batch method with cell recycling. In addition, process variables and important parameters for obtaining a quality final product within the required specifications are discussed. Finally, the importance of qualified professionals for the conduction of alcoholic fermentation is highlighted, having been exposed in this work the practical experience of the author in his experience as an assistant at the Marituba plant and the contribution of practical and theoretical classes of the technical course in Sugar and Alcohol for your training.

Keywords: Alcoholic fermentation; yeasts; Conducting the process; Marituba Plant.

Aluno concluinte do Curso Técnico Subsequente em Química, e-mail: esb5@aluno.ifal.edu.br

1 INTRODUÇÃO

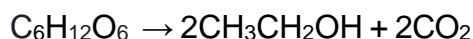
A primeira usina de processamento de cana-de-açúcar em Alagoas foi criada em 1891 pelo Barão Vedesment, nascido na França e que veio para o Brasil “tentar a sorte”. O etanol é um combustível considerado renovável, também chamado de combustível verde, por ser produzido no Brasil a partir da cana-de-açúcar, sendo importante para economia do país e usado como combustível para motores automotivos. Na década de 1930, Carlos Benigno Lyra, dono da Usina Serra Grande (fundada em 1894), a qual estava em poder de seu filho Salvador Lyra, possibilitou que o país conhecesse a moderna tecnologia do aproveitamento do álcool como combustível e patenteou-a como USGA, as iniciais do nome de sua própria usina. O setor sucroalcooleiro se transformou no mais importante da economia de Alagoas, sendo principal fonte de empregos e de desenvolvimento do Estado (SINDAÇÚCAR-AL, 2021).

A Usina Marituba, localizada no município de Igreja Nova, foi idealizada e projetada em 1979 pelo grupo Carlos Lyra. A empresa produz açúcar, etanol, eletricidade e outros derivados da cana-de-açúcar. Na moagem de 2020-2021, a indústria processou 1.122.124 toneladas de cana-de-açúcar e produziu 30.191.147 sacos de açúcar e 30.191.147 litros de etanol (JORNAL CANA, 2021).

Diante da importância do setor sucroalcooleiro para o Brasil e, em especial, para o estado de Alagoas e considerando a relevância do etanol como combustível, o presente trabalho teve como objetivo relatar a condução da fermentação alcoólica da Usina Marituba, e foi desenvolvido a partir da experiência prática como auxiliar de produção nesta unidade sucroalcooleira e por meio da revisão da literatura sobre o escopo trabalho, especialmente na operação da fermentação alcoólica.

2 FERMENTAÇÃO ALCOÓLICA

Dentre os processos para produção de etanol, a fermentação alcoólica destaca-se como a principal etapa na produção de etanol hidratado ou anidro. A fermentação alcoólica é um processo bioquímico, catalisada por um fungo, *Saccharomyces cerevisiae*, denominado levedura. A fermentação alcoólica é um processo anaeróbico, no qual ocorre a conversão de açúcares fermentescíveis em etanol e gás carbônico, conforme a reação abaixo (SÓ BIOLOGIA, 2008).



De acordo com Ferrari (2013), os processos fermentativos são classificados conforme a maneira que o substrato é adicionado às dornas de fermentação e o produto obtido é retirado. Para a obtenção de etanol, existem três tipos básicos: processo em batelada ou descontínuo, batelada alimentada, e o processo contínuo, sendo a batelada alimentada com reciclo de células (método *Melle-Boinot*) o processo mais utilizado nas destilarias.

No regime de condução contínua é necessário investimentos em equipamentos e instrumentação, menor tempo de paradas, proporcionado maior produção; a fermentação semi-contínua, operação em que alguns componentes são alimentados em bateladas, enquanto outros são abastecidos de forma contínua, sendo necessário tempo e vários equipamentos para que o processo seja contínuo;

e a fermentação em batelada, ou processo descontínuo, que é usada quando se tem pequenas quantidades de materiais, sendo mais vantajoso carregar os equipamentos com toda carga necessária, efetuar o processamento e, após retirar o produto, inicia-se uma nova batelada. Neste tipo de condução, necessita-se de um investimento baixo de equipamentos e instalação menor, porém muito custo com manipulação dos materiais como carga, descarga e limpeza e tempo parado sem produzir (FATEC, 2013).

Independente do sistema de condução utilizado para a fermentação, são realizadas as seguintes etapas principais para a obtenção de etanol: preparo do mosto; fermentação alcoólica em dornas; centrifugação; preparo do fermento.

2.1 Preparo do mosto

O processo industrial de fermentação utiliza caldo de cana tratado e resfriado em trocadores de calor, mel final, resíduo proveniente do processo de fabricação de açúcar, e água para o preparo da matéria-prima para a fermentação. A partir do momento em que essas matérias-primas são misturadas, recebem o nome de mosto, que é um líquido açucarado que será fermentado por leveduras. Para realizar o preparo do mosto é utilizado um tanque (Figura 1) do tipo mexedor para diluição, controle de vazão, de brix (na faixa de 20^o) e de temperatura (na faixa de 32 °C).

Figura 1. Garapeira – tanque de preparo de mosto para a fermentação



Fonte: Autor, 2022.

2.2 Fermentação alcoólica: fases

A fermentação alcoólica se divide em três fases: preliminar, tumultuosa e complementar.

A fase preliminar inicia-se quando a corrente de alimentação, ou seja, o mosto, é acrescentado junto às leveduras. Nesta fase, a multiplicação celular é intensa, e o açúcar consumido é usado na reprodução das leveduras. Caracteriza-se por uma pequena elevação da temperatura e baixo desprendimento de CO₂, cuja duração depende das características do sistema de fermentação, e pode ser reduzida quando se emprega elevada concentração de células ou pela adição de células em um meio nutricionalmente mais rico que o original (LIMA ET AL., 2001).

A fase tumultuosa se inicia com o desprendimento intenso de dióxido de carbono, que faz com que o mosto se agite como em ebulição, formando espuma.

Durante esta fase, há aumento da temperatura, que é corrigida através de trocadores de calor. Nessa fase as leveduras já têm consumido o açúcar presente no mosto, conseqüentemente baixando o brix e produzindo uma maior quantidade de etanol, é necessário monitorar o brix de hora em hora afim de saber o momento correto para iniciar a etapa de centrifugação. A duração desta fase é evidenciada pela diminuição do desprendimento de CO₂ (VENTURINI FILHO, 2010).

Na fase complementar, o desprendimento de gás carbônico diminui sensivelmente e o líquido assenta na dorna fermentativa, a temperatura abaixa e há redução no teor de açúcares do meio, completando o processo fermentativo, com duração total em torno de 8 horas (PASCHOALINI ET AL., 2009).

Chegando nas 8 horas de fermentação nas dornas, obtêm-se o mosto fermentado misturado com leveduras com brix baixo, contém uma porcentagem de etanol é denominado vinho fermentado produzido pelas leveduras, em seguida a centrifugação separa em duas partes. Separando o fermento concentrado denominado de leite de levedura, que será tratado e reutilizado para o processo de fermentação e o vinho delevurado que é um líquido livre que não pode conter fermento, com porcentagem de etanol e outras impurezas. Armazenado em dornas volantes o vinho é bombeado como alimentação contínua das colunas de destilação para a produção de etanol.

2.3 Dornas

A fermentação é realizada em tanques chamados de dornas. Além dos tanques principais, para sua realização utilizam-se equipamentos e tanques auxiliares, como a dorna pulmão, a dorna volante, o tanque de fundo de dorna, e o filtro de linha.

As dornas da fermentação são pouco cônicas na base e no topo, servem para promover o contato entre o fermento e os componentes do meio, e contém acessórios para controlar a temperatura e a espuma e para coletar o gás carbônico formado. O controle de temperatura pode ser feito por serpentinas instaladas dentro das dornas ou pelo uso de motores para a circulação forçada do vinho em trocadores a placas.

Há nas dornas fechadas sistemas de limpeza no teto; em geral existem dispositivos chamados de *sprays balls*, que são distribuidores de água sobre pressão e servem para deslocar o lodo formado após a fermentação.

A Usina Marituba trabalha com 11 dornas fechadas (Figura 2), utilizando um sistema semi-contínuo (batelada alimentada); 1 dorna pulmão, para decantação de partículas pesadas; 2 dornas volantes para vinho, visando manter o fluxo constante para o processo de destilação.

Figura 2. Dornas de fermentação alcoólica



Fonte: autor 2022.

2.3.1 Dorna pulmão

Dorna pulmão é um tanque cilíndrico e com base cônica (Figura 3), que tem a finalidade de receber vinho fermentando explicado acima, tem a função de manter o líquido em constante movimento. Funciona como um decantador, separando as partes pesadas que se encontram no mosto fermentado, tais como bagaço, leveduras mortas, cascalhos e outras impurezas, que formam um lodo no fundo da dorna, sendo posteriormente descartados.

Figura 3. Dorna pulmão



Fonte: autor, 2022.

2.3.2 Dorna volante

É um tanque pouco cônica para reservatório do vinho separado na centrifugação, possui duas válvulas, uma de saída do vinho que é usado para alimentação contínua das colunas de destilação e outra de saída de partículas pesadas e lavagem.

2.3.3 Tanque de fundo de dorna

Tanque para fundo de dorna é um tanque retangular e aberto (Figura 4), que tem a função de recuperar o final ou resto do vinho fermentado das dornas e enviar através de motor para o tanque pulmão, para não levar muita partículas pesadas existe uma proteção na entrada da tubulação de sucção do motor. O tanque existe porque a válvula de saída do vinho fermentado denominada de centrifugação não é o suficiente para sair todo o líquido, então para não perder o resto do vinho fermentado é aberto uma válvula denominada de esgoto que fica embaixo da dorna que leva o restante até o referido tanque. A válvula de esgoto é utilizada também para saída da lavagem das dornas.

Figura 4. Tanque fundo de dorna



Fonte: autor, 2022.

2.3.4 Instrumentação nas dornas

A instrumentação das dornas (Figura 5) é em geral muito simples, havendo sensores de nível de líquido e nível de espuma, além de termômetros. A medida do nível é importante para comandar a abertura e o fechamento das válvulas de mosto, vinho e fundo de dornas. O nível de espuma é medido para evitar que a espuma chegue até a tubulação de gás, onde causaria perda de carga e consequente aumento de pressão na dorna. Também deve-se evitar que a espuma esborre para fora das dornas, para evitar perdas de vinho e de fermento.

As tampas das dornas possuem ainda válvulas de segurança (alívio de pressão e vácuo), visores, sistema de coleta de amostra, entrada de antiespumante, de nutrientes, entre outros componentes. Nas amostras, são medidos o Brix e a temperatura, para controlar o funcionamento da fermentação e da troca de calor.

A operação de controle do Brix visa evitar que o fermento fique superalimentado (ou seja, que o teor de açúcar durante o enchimento fique muito alto), bem como para evitar que o fermento fique tempo demais em contato com o vinho. A temperatura é regulada aumentando ou diminuindo a vazão de água que passa pelos trocadores de calor. A espuma é controlada pela dosagem de uma certa quantidade inicial de dispersante e depois por injeções automáticas de antiespumantes.

Figura 5. Terraço das dornas



Fonte: autor, 2022.

2.4 Centrifugação

É o equipamento mais importante (e mais caro da fermentação). A centrifugação é uma operação unitária de separação de sólidos amplamente utilizada na indústria sucroalcooleira e se aplica na separação de leveduras provenientes do processo de fermentação (FATEC, 2013).

As centrífugas usadas no Brasil, são do tipo contínua (alimentação e descarga), de discos, com boquilhas. Com a função de separar, reciclar e concentrar o fermento, as centrífugas têm um determinado diâmetro de bola, um determinado número de boquilhas e cachimbos, um certo número de pratos e um certo espaçamento entre os pratos, além de uma certa rotação (definida pelo motor e pelo sistema de redução-engrenagens).

O seu desempenho dependerá de algumas variáveis, como: viscosidade, temperatura, concentração de alimentação, pressão da entrada do produto e grau de concentração requerido. O processo de centrifugação, quando se separa líquidos de sólidos ou sólidos e sólidos, é muito importante em muitos segmentos, como o da produção de álcool.

Para acompanhar o funcionamento dessa etapa, o laboratório pega amostras na saída do fermento e vinho das centrífugas, a fim de analisar perdas de fermento para o vinho e concentração de massa do fermento. Quando o resultado de perdas é acima de 1,5 e concentração abaixo de 60, é necessário fazer uma limpeza e trocar os bicos da centrífuga (Figura 6).

Figura 6. Centrífuga Mause sem a tampa



Fonte: autor, 2022.

2.4.1 Filtro de linha

Os filtros de linha (Figura 7) alocados antes da entrada de mosto fermentado na centrífuga, geralmente de aço inox e fechados, servem para reter qualquer sólido duro maior que as boquilhas. Estes filtros têm de ser limpos com frequência para evitar queda de pressão na alimentação da centrífuga.

Figura 7. Filtro 1 das centrífugas



Fonte: autor, 2022.

2.5 Preparo do fermento

O fermento obtido da centrifugação do vinho fermentado é denominado de leite de leveduras. Após ser separado o vinho, o fermento é tratado e reutilizados em pré fermentadores para ser enviado novamente a dorna.

2.5.1 PRÉ-FERMENTADORES

Pré-fermentadores (Figura 8) têm como objetivo o tratamento do fermento, ou seja, a diluição do leite de levedura com água e a consequente adição de ácido. Os tanques são abertos e possui sistema de agitação (mecânica ou por borbulhamento), para permitir bom contato do fermento com o ácido e nutrientes tipo o nitrogênio, fósforo e evitar a decantação.

A diluição com água (muitas vezes proveniente da lavagem do CO₂ das Dornas) é acertada medindo-se o Brix, variando entre 4 e 5, pois há boa correlação entre o Brix do pré fermentador e o teor de fermento (FATEC, 2013).

Figura 8. Pré fermentador parte superior.



Fonte: autor, 2022.

2.5.2 USO DE ÁCIDO SULFÚRICO

O tratamento ácido do fermento, prática recorrente nas fermentações com reciclo de células, é uma etapa importante que ocorre no final da fermentação com a utilização de ácido sulfúrico, um dos insumos que mais pesam no orçamento das unidades (FERMENTEC, 2022).

Para a correção do pH (potencial hidrogênio) do fermento recuperado, é necessário adicionar ácido sulfúrico, a fim de: desflocular o fermento, infecção zero se possível, matar bactérias, matar fermentos mais fracos e acertar o pH inicial da fermentação, geralmente 2,0 a 3,0.

Para controle da adição de ácido, usa-se o pHmetro. O eletrodo deste aparelho suja com facilidade e deve ser permanentemente limpo e recalibrado (FATEC, 2013).

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a realização do presente trabalho, pode-se afirmar que a Usina Marituba e outras sucroalcooleiras exercem uma grande influência em todo mundo, especialmente no Brasil, sendo um setor importante para o desenvolvimento e crescimento do país nos âmbitos econômico, social e ambiental.

O processo de fermentação é complexo e requer cuidados até a formação do etanol. É necessário tudo isso para ter um produto de qualidade. Para manter um processo desse tipo, é necessário investimento em equipamentos e mão de obra qualificada.

Por fim, podemos afirmar que esses momentos que passamos foram de significado muito importante para a minha vida pessoal e profissional.

REFERÊNCIAS

- FATEC – Faculdade de Teologia e Ciências. **A fermentação alcoólica no processo industrial**. 30/07/13. Disponível em: <<http://www.fatecc.com.br/ead-moodle/tecnicoacucarealcool/apostilafermentacaoalcoolica.pdf>>. Acesso em: 21/12/2021.
- FERMENTEC. **Antibacterianos, equilíbrio técnico e financeiro para a fermentação alcoólica**, 14/02/2022. Disponível em: <<https://fermentecnews.com.br/2022/02/14/antibacterianos-equilibrio-tecnico-e-financeiro-para-a-fermentacao-alcoolica/>>. Acesso em: 25/04/2022.
- FERRARI, F. C. D. S. **Fatores operacionais e cinética do processo fermentativo para otimização da produção de etanol em escala industrial**. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2013. Acesso em 02/02/2022.
- JORNAL CANA . Andreia Vital 26/08/2021, **Caeté e Marituba anunciam implantação de refinaria**. Disponível em: <<https://jornalcana.com.br/caete-e-marituba-anunciam-implantacao-de-refinaria/>>_Acesso em 14/02/2022.
- LIMA, U. A. AQUARONE, E.; BORZANI, W.; SCHMIDELL, W. **Biotecnologia industrial: Processos fermentativos e enzimáticos**. São Paulo: Blucher, 2001. Acesso em: 02/02/2022.
- PASCHOALINI, G.; ALCARDE, V. Estudo do processo fermentativo de usina sucroalcooleira e proposta para sua otimização. **Revista de Ciência & Tecnologia**, v.16, n.32, p.59-68, 2009. Acesso em: 02/02/2022.
- SINDAÇÚCAR-AL. **Sindaçúcar-AL, construindo o desenvolvimento de Alagoas**, Disponível em: <<https://www.sindacucar-al.com.br/historia/>>. Acesso em: 18/12/2021.
- SÓ BIOLOGIA. Virtuoso Tecnologia da Informação, **Fermentação Alcoólica**, 2008-2022. Disponível em: <https://www.sobiologia.com.br/conteudos/bioquimica/bioquimica3_2.php>. Acesso em: 21/12/2021.
- Usina Caeté. **Açúcar, etanol e bioeletricidade**, disponível em: <<https://www.usinacaete.com/segmento/acucar-e-bioenergia/>>. Acesso em 16/12/2021.
- VENTURINI FILHO, W. G. **Bebidas alcoólicas: Ciência e tecnologia**. São Paulo: Blucher, 2010. Acesso em: 02/02/2022.