

LABORATÓRIO DE TESTE PARA FABRICAÇÃO DE ETANOL

TESTING LABORATORY FOR ETHANOL MANUFACTURING

Amanda Carolina Bononi[I]
Samira Juliana Macedo[II]
Luis Carlos Geron[III]

Área: A5. Automação e Controle Processos (ACP)
Subárea: S6: Automação de Processos Industriais

RESUMO

Este artigo tem como objetivo trazer uma forma alternativa para testes de substâncias com graus de concentração variados. Como principal exemplo, apresenta-se o processo de fervura do caldo da cana, como concentração de sólidos solúveis (Brix) e esterilização para compor o mosto que vai para a fermentação, produzindo assim, o etanol. O laboratório de testes permite extensas análises e aplicações, que se faz muito útil, principalmente, para o setor sucroalcooleiro, por depender exatamente da concentração do Brix da cana de açúcar. Assim pode-se otimizar e garantir a qualidade dos processos. Tem-se no projeto quatro tanques, que durante o processo, armazenam líquidos e os alternam por meio de válvulas para conduzir até um aquecedor, onde a concentração será fervida e analisada sob determinada temperatura (ºC). Após essa etapa, a concentração é encaminhada à um resfriador para retornar ao tanque de origem. Essa atividade se repete para os quatro tanques e em seguida pode ser descartado ou utilizado para outros testes. Logo após o laboratório ser esvaziado, é acionado um sistema de autolimpeza, onde ocorre a higienização tanto dos tanques, quanto dos canos, fazendo assim a preparação para a próxima utilização.

Palavras-chave: Etanol. Laboratório. Testes. Sucroalcooleiro.

ABSTRACT

This article aims to bring an alternative way to test substances with varying degrees of concentration. As a main example, the process of boiling the sugarcane juice is presented, such as concentration of soluble solids (Brix) and sterilization to compose the must that goes to fermentation, thus producing ethanol. The testing laboratory allows extensive analysis and applications, which is very useful, mainly for the sugar and alcohol sector, as it depends exactly on the Brix concentration of the sugar cane. Thus, it is possible to optimize and guarantee the quality of the processes. The project has four tanks, which, during the process, store the liquids and alternate through valves to lead to a heater, where the concentration will be boiled and analyzed under a certain temperature. After this step, the concentration is sent to a cooler to return to the original tank. This activity is repeated for the four tanks and then it can be discarded or used for other tests. Soon after the laboratory is emptied, a self-cleaning system is activated, where both tanks and pipes are sanitized, thus preparing for the next use.

Keywords: Ethanol. Laboratory. Tests. Sugar-alcohol.

[I] Graduanda em Mecatrônica -Fatec Sertãozinho. E-mail: amandabononistz@outlook.com
[II] Graduanda em Mecatrônica - Fatec Sertãozinho. E-mail: saah-stz@hotmail.com
[III] Prof. Me da Fatec Sertãozinho – E-mail: luis.geron@fatec.sp.gov.br



Data de submissão do artigo: 16/07/2022.
Data de aprovação do artigo: 14/09/2022.
DOI: **10.33635/sitefa.v5i1.213**

1 INTRODUÇÃO

O setor sucroalcooleiro é o responsável por grande parte da economia da região e, também, do país. Com a demanda crescente, as indústrias visam otimização de processos, redução de custos e maior qualidade de seus produtos para garantir seus serviços no mercado de trabalho. Para manter o mercado em constante crescimento e aumentar a produtividade, visando os lucros, as indústrias têm que buscar soluções inovadoras para conter as perdas e manter a qualidade.

Como o etanol não é um produto encontrado de forma pura na natureza, é necessário extraí-lo de outras substâncias. A forma mais simples de obtê-lo é através de moléculas de açúcar encontradas em vegetais. Esse processo de extração do etanol se chama fermentação, mas, para obter o mosto que será fermentado, precisa-se da concentração de sólidos solúveis ideal e da esterilização dessa solução através da fervura e então corrigir a temperatura para que a fermentação aconteça de modo correto. Dentre todas as matérias-primas, a cana-de-açúcar é a mais simples e produtiva, sendo o principal produto de extração no Brasil.

> A qualidade da cana-de-açúcar é uma importante premissa para um bom rendimento fermentativo, as indústrias estão se conscientizando dos fatores de quantidade de açúcar, pureza, bactéria, terra, fibra entre outros, contidos na cana, buscando um melhor rendimento industrial (FIGUEREIDO *et al*., 2008).

Atualmente, a maior perda nas destilarias está na fermentação. O presente projeto visa a possibilidade de reduzir o tempo e aumentar a eficácia desse processo, com testes simultâneos e análises mais concretas.

No decorrer destas páginas, será apresentado um projeto de um pequeno “laboratório” com quatro tanques e um sistema de esquenta-esfria com amplo poder de adaptação para fervura da garapa, onde se pode realizar testes e análises sobre a qualidade e rendimento do produto.

Assim, a finalidade desta pesquisa é buscar agregar e facilitar nesse processo de amostragem para uma maior rapidez do início ao fim da fabricação do etanol, garantindo assim a qualidade, segurança e satisfação de todos os envolvidos.

Não será produzido um protótipo ou projeto, apenas uma análise exploratória sobre o funcionamento desta proposta: como a mecatrônica pode influenciar e ajudar nestes processos, utilizando os conhecimentos adquiridos durante o curso e fundamentados em análise de artigos relacionados a fim de conceituar e tornar este útil para as indústrias sucroalcooleiras locais.

2 APRESENTAÇÃO

Um teste industrial deve reproduzir, com a maior precisão possível, as condições reais pela qual o produto irá passar, e isso, é essencial para saber quais são os limites do produto: avaliar o comportamento da fórmula final ao longo do tempo e em circunstâncias variadas para garantir a segurança e qualidade que serão entregues ao final.

Para comercialização de diversas substâncias, estas, passam por uma série de testes que verificam sua qualidade, para que o resultado possa ser utilizado de forma saudável e segura.



Esses pré-requisitos são chamados de especificações, que variam de acordo com a utilização e o produto em si, que possui um tipo próprio de regulamentação, de acordo com a entidade fiscal de cada área de mercadoria.

Como exemplo pode-se citar o etanol combustível, atualmente, as normas de especificação são Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustível (ANP) através do Regulamento Técnico ANP nº3/2011, anexo da Resolução ANP Nº7 de 9 de fevereiro de 2011. Este documento contém especificações que o etanol precisa atender, como classificações de seu aspecto, cor, massa, teor alcoólico e outros requisitos.

Com isso, o laboratório de testes é um projeto para aplicação de teste de fervura a partir da garapa da cana de açúcar, com quatro tipos diferentes de grau de Brix (concentração de sólidos solúveis), destinado a auxiliar as indústrias sucroalcooleiras; a manterem a qualidade e a segurança desse combustível que é tão utilizado.

O projeto contém quatro tanques de armazenamento, disponibilizando o teste de quatro substâncias simultaneamente, que, passam por um sistema de aquecimento, onde são analisadas as mudanças que ocorrem a determinadas temperaturas, para esterilização e concentração do grau de Brix. Após esse ensaio de aquecimento, o líquido é levado a outro tanque, onde ele é resfriado e só então retorna para o tanque inicial. Repete-se esse processo para os quatro tanques.

Ao terminar o processo dos testes e análises, os tanques do laboratório são esvaziados e as misturas descartadas. Assim, inicia-se o sistema de autolimpeza, em que tanto os tanques, quanto os canos são higienizados, preparando o laboratório para o próximo uso.

3 APLICAÇÕES E DEFINIÇÕES

Este projeto pode possuir várias aplicações de testes, por se tratar de um projeto com ampla capacidade de adaptações de acordo com a necessidade prevista.

Traz-se a fabricação do etanol e como o Laboratório pode auxiliar e reduzir os processos de forma simples e efetiva, principalmente durante a testagem da fervura, da concentração dos sólidos solúveis (Brix), preparação para a fermentação e da qualidade da matéria-prima a ser utilizada.

3.1 Processos de fabricação do etanol

> Nas usinas sucroalcooleiras, a produção do açúcar e de etanol segue as etapas de moagem da cana de açúcar, tratamento químico do caldo e filtração. Para obtenção do etanol, o caldo clarificado é aquecido a 115ºC objetivando a concentração de sólidos solúveis em torno de 20ºBrix, além de sua esterilização. O caldo aquecido é resfriado a 30ºC em trocadores de calor e corrigido para compor o mosto (líquido açucarado fermentável) constituído pelo caldo clarificado adicionado de melaço (um subproduto obtido na produção de açúcar e conhecido também como mel final) e água para diluição dos sólidos solúveis, sendo geralmente utilizado 18ºBrix. O mosto corrigido será fermentado por leveduras, destilado e retificado para obtenção do etanol hidratado (com grau alcoólico entre 92,6 e 93,8%) ou segue para a desidratação após a destilação para obter etanol anidro (teor alcoólico mínimo de 99,3%) (CHIEPPE JUNIOR, 2012; SCHIAVONE, 2009).

V SITEFA
Simpósio de Tecnologia da Fatec Sertãozinho

3.2 Brix de açúcar

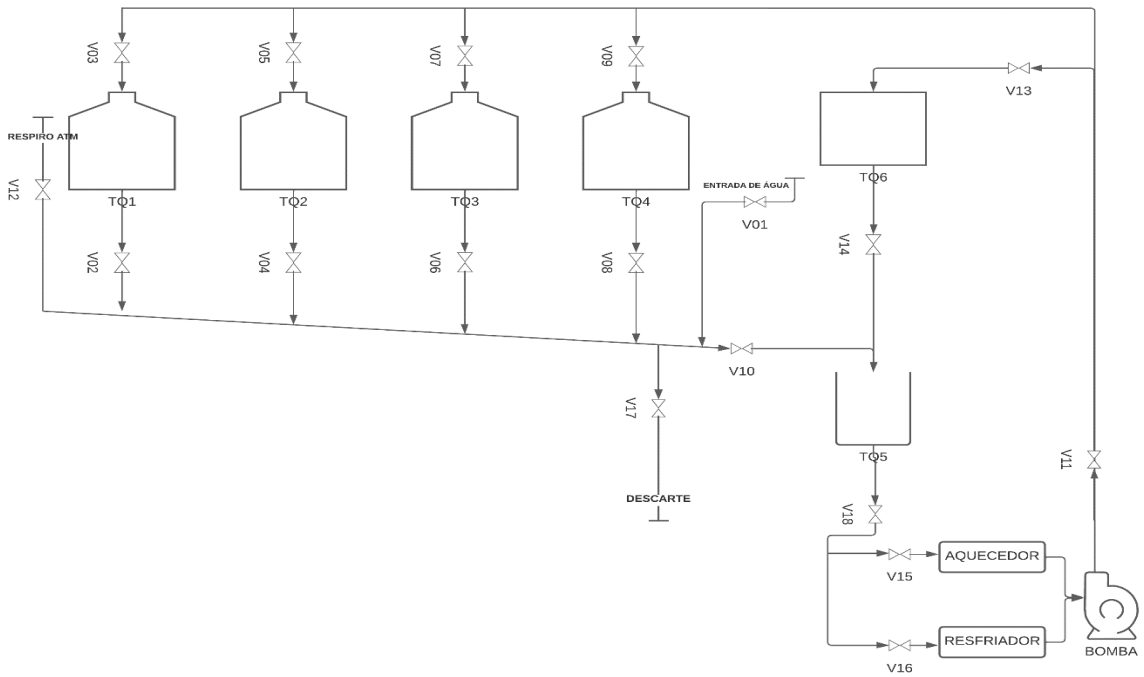
Uma das principais características de qualidade da cana-de-açúcar é determinada pelo grau de Brix. Entende-se como Brix, a unidade de medida da massa de sólidos solúveis presentes em uma solução pura, ou seja, o Brix mede, por exemplo, a porcentagem de açúcar presente em um líquido. Esta medição é feita a partir de refractómetros ou densímetros.

A eficácia dos processos depende da qualidade de matéria-prima que é recebida pelas indústrias. Quanto maior o grau de Brix, melhor é o processo de fermentação (PEREIRA, 2009).

4 O FUNCIONAMENTO

Inicia-se com o preenchimento dos tanques, com as amostras de garapa a serem analisadas, com diferentes referências de matérias-primas. O processo começa encaminhando o primeiro líquido para a operação de aquecimento, com temperatura pré-definida. Após atingir a temperatura desejada (geralmente 115ºC), pode ser realizada a medição de Brix e então, encaminhar o líquido à operação de resfriamento (aonde deve chegar geralmente aos 30º). Ao ser resfriado, este então, pode retornar ao tanque de início. Esta atividade se repete para os outros três tanques consecutivos. No final de todas as verificações e definições necessárias, o líquido pode ser descartado e então é ativado o sistema de autolimpeza.

Fluxograma 1 – Interligação das válvulas



Fonte: Compilação dos autores (2022)

4.1 Descrição técnica do controle

O controle de cada teste é feito na seguinte ordem das operações:
Teste 1: operações 1, 5, 6 e 7.

Teste 2: operações 2, 5, 6 e 8.
Teste 3: operações 3, 5, 6 e 9.
Teste 4: operações 4, 5, 6 e 10.
Ao final dos testes, as operações 11 e 12 são realizadas.

4.1.1 Descrição das operações de controle

-Partindo do pressuposto: todas as válvulas fechadas.
Operação 1: Enchimento do TQ5, com concentração do TQ1.
- Mantém V17 e V18 fechadas;
- Abre V12, para entrada de ar;
- Abre V02 e V10, líquido vai para o TQ5;
Operação 2: Enchimento do TQ5, com concentração do TQ2.
- Mantém V17 e V18 fechadas;
- Abre V12, para entrada de ar;
- Abre V04 e V10, líquido vai para o TQ5;
Operação 3: Enchimento do TQ5, com concentração do TQ3.
- Mantém V17 e V18 fechadas;
- Abre V12, para entrada de ar;
- Abre V06 e V10, líquido vai para o TQ5;
Operação 4: Enchimento do TQ5, com concentração do TQ4.
- Mantém V17 e V18 fechadas;
- Abre V12, para entrada de ar;
- Abre V08 e V10, líquido vai para o TQ5;
Operação 5: Aquecimento.
- TQ5 cheio;
- V16, e V14 permanecem fechadas;
- Abre V18, V15 e V13;
- Liga BOMBA e o contator do AQUECEDOR;
- Chaveia por controle o contator do AQUECEDOR, monitorando temperatura;
- Líquido é aquecido e levado para o TQ6;
Operação 6: Resfriamento.
- TQ6 cheio;
- Mantém V10 e V15 fechadas;
- Abre V14, V18 e V16;
- Liga BOMBA e o contator do RESFRIADOR;
- Monitora temperatura;
- Líquido é resfriado e levado até a BOMBA;
Operação 7: Retorno da concentração (nº 1).
- Mantem V02 e V13 fechadas;
- Abre V11;
- Abre V03;
- Liga BOMBA;
- Líquido retorna ao TQ1;
Operação 8: Retorno da concentração (nº 2).
- Mantem V04 e V13 fechadas;



- Abre V11;
- Abre V05;
- Liga BOMBA;
- Líquido retorna ao TQ2;

Operação 9: Retorno da concentração (nº 3).
- Mantem V05 e V13 fechadas;
- Abre V11;
- Abre V07;
- Liga BOMBA;
- Líquido retorna ao TQ3;

Operação 10: Retorno da concentração (nº 4).
- Mantem V06 e V13 fechadas;
- Abre V11;
- Abre V09;
- Liga BOMBA;
- Líquido retorna ao TQ4;

Operação 11: Descarte.
- Mantem V10 fechada;
- Abre V02, V04, V06, V08 e V17;
- Líquido é descartado;
- Fecha todas as válvulas;

Operação 12: Retro lavagem.
- V02, V04, V06, V08 fechadas;
- Abre V12, V10, V11, V13, V18, V15, V14 e V16;
- Abre V3, V5, V7 e V9;
- Abre V01, liga BOMBA;
- Aguarda x minutos, fecha V9;
- Aguarda x minutos, fecha V7;
- Aguarda x minutos, fecha V5;
- Aguarda x minutos, fecha V01 e desliga a BOMBA;
- Faz operação 11.

5 AS VÁLVULAS

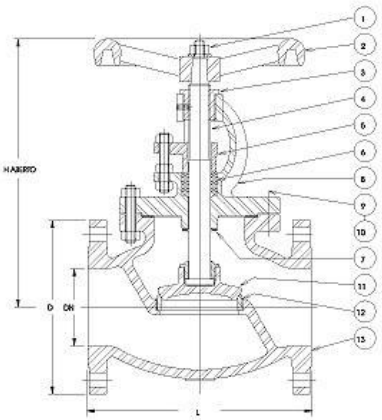
Especificação técnica das válvulas a serem utilizadas:
Válvulas globo, de aço carbono fundido, componentes internos de aço inoxidável. Tampa parafusada.
Haste ascendente externa.
Disco e anel cônico.
Reengaxetáveis sob pressão, quando totalmente abertas.
Dimensões face a face pelo padrão ANSI-B16.10/1992.
Dimensões dos flanges pelo padrão ANSI-B16.5/1992 - Classe 150 (faceamento com ressalto).
Construção conforme norma BS 1873/1975
Pressão de prova:

Estanqueidade --- 21,7 bar (315 lbf/pol2).
Corpo ---------- 31,0 bar (450 lbf/pol2).

Imagem 1 – Especificação técnica das válvulas

DIMENSÕES				
NOMINAL	D	L	H	PESO
2"	152	203	270	16
2.1/2"	178	216	275	20
3"	190	241	360	31
4"	229	292	378	47
6"	279	406	485	96
8"	343	495	638	178
	mm	mm	mm	Kg

EXECUÇÃO NORMAL		
Nº	PARTE	MATERIAL
1	Porca do Volante	Aço carbono SAE-1020
2	Volante	Ferro fundido em ASTM-A.126 classe B
3	Bucha da haste	Latão ASTM-B584 liga 857
4	Haste	Aço inox ASTM-A.276 T410/420
5	Preme-gaxeta	Aço carbono SAE 1020
6	Gaxeta	Amianto grafitado
7	Contra vedação	Depósito de solda em inox-410
8	Tampa	Aço fundido ASTM-A.216, grau WCB
9	Estojos (stud-bolts)	Aço liga ASTM-A.193, grau B7
10	Porcas	Aço liga ASTM-A.194, classe 2H
11	Disco	2" - 3" Aço inox ASTM A.276 T410/420
		4" - 8" Aço inox ASTM A.217 CA-15
		6" Aço carbono SAE 1020 com
12	Anel	2" - 4" Aço inox ASTM-A.217 CA-15
		6" - 8" Aço Carbono SAE 1020 com
13	Corpo	inox-410
		Aço fundido ASTM-A.216, grau WCB



Fonte: Casa do Vapor (2022)

6 CONTROLADOR

Para fazer o controle de abertura da válvula será utilizado um posicionador de válvula inteligente. O posicionador de válvula é responsável por controlar um atuador de maneira que ele consiga posicionar a válvula de processo. Na operação sem o equipamento de uma válvula de processo, o operador controla somente se ela estará aberta ou fechada. Com o uso de um posicionador, é possível fazer o controle de porcentagem da abertura da válvula de processo.

O posicionador faz um ajuste automático na pressão do ar que passa pelo atuador, fazendo com que o obturador se posicione de acordo com o sinal de controle. Com o uso do posicionador a válvula passa a ter controle de malha fechada com base nos sinais de entrada e na realimentação da posição da haste. É um equipamento de última geração sendo microprocessado e totalmente programável.

As diferenças entre os posicionadores inteligentes e os outros é a eliminação do link mecânico, sendo que a realimentação, ou seja, o monitoramento da posição da haste da válvula



de controle é feito através do efeito “Hall”, ou seja, campo magnético. Existem basicamente três formas de programar o instrumento: localmente no seu visor, através de um programador ou através de um software de programação.

Os posicionadores proporcionam através da programação, além de fazer o posicionamento da válvula, que possamos obter informações como:

- Leitura da posição da válvula, sinal de entrada e pressão no atuador;
- Comandos de posição da válvula, configuração e auto calibração;
- Autoajustes;
- Tempo de fechamento e abertura, nº de ciclos;
- Gráficos de pressão x posição;
- Histórico da configuração;
- Caracterização de fluxo através do programa de came: linear, abertura rápida etc.;
- Limites de posição;

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A fase de testes é essencial para entender sobre as limitações do produto, para visualizar possíveis divergências, podendo assim corrigi-las e então garantir com certeza a qualidade e segurança para os clientes.

A partir dos estudos realizados, vê-se que a união de uma tecnologia já existente à uma nova aplicação, de forma simples e efetiva, possa ser capaz de auxiliar em uma atividade de grande importância para a preparação do líquido a ser fervido, para a fermentação que resultará na produção do etanol.

O projeto, claro, é de fácil adaptação conforme a necessidade da indústria, visto que este deve se enquadrar de acordo com cada tipo de produção.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, Naytiara Dias. **Análise dos Métodos Brix e Cromatografia Para a Determinação de Açúcares Redutores Residuais Totais**. Rio Verde, 2016. Disponível em https://abre.ai/eFkY. Monografia (Graduação em Engenharia de Produção) – Universidade de Rio Verde. Acesso em 02 mar. 2022.

BONGAS, 2022. Posicionador: **O que é, tipos e vantagens**. Disponível em: https://bongas.com.br/posicionador-o-que-e-tipos-vantagens/. Acesso em: 28/05/2022

CASA DO VAPOR. Documento eletrônico: **Imagem especificação da válvula**. Disponível em: http://www.cvvapor.com.br/publico/detalheProduto.php?idProduto=18. Acesso em 15 jul. 2022

CHIEPPE JÚNIOR, J. B. **Tecnologia e fabricação do álcool: Rede e-Tec Brasil**. Inhumas: IFG; Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2012. Acesso em 22 jun. 2022



GÓES-FAVONI, S. P.; MONTEIRO, A . C. C.; DORTA, C.; CRIPPA, M. G.; SHIGEMATSU, E.: **Fermentação alcoólica na produção de etanol e os fatores determinantes do rendimento.** 2018. Disponível em: https://www.sustenere.co/index.php/rica/article/view/CBPC2179-6858.2018.004.0023. Acesso em 01 jul. 2022

FIGUEIREDO, I.C.; MACIEL, B. F.; MARQUES, M. O. **A qualidade da cana-de-açúcar como matéria-prima para produção de álcool**. Nucleus, Edição Especial, Ituverava-SP. 2008 Disponível em: https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4037531.pdf. Acesso em: 07 mar. 2022.

MANUAL da Química. Documento Eletrônico: Etanol Combustível. Disponível em: https://www.manualdaquimica.com/combustiveis/etanol-combustivel.htm. Acesso em 02 jun. 2022.

NOVA CANA. Documento eletrônico: **Controle de qualidade: especificações do etanol.** Disponível em https://www.novacana.com/etanol/controle-qualidade. Acesso em 26 fev. 2022.

PEREIRA, J. T.. **Estudo Da Utilização De Vinhaça No Preparo Da Cuba E Na Fermentação Alcoólica.** 2009. Disponível em: http://www.unaerp.br/documentos/485-thais-johnson-pereira/file. Acesso em: 15 abr. 2022.

PESSA, Rogério. **Instrumentação Básica SMAR**. Paulo Gomes, 2006. Disponível em: https://paulocrgomes.com.br/wp-content/uploads/2017/02/Instrumenta%C3%A7%C3%A3o-B%C3%A1sica-SMAR-.pdf. Acesso em: 28/05/2022

PUCPR, 2015. **Válvulas e posicionadores.** Disponível em: https://aiecp.files.wordpress.com/2012/07/3-6-pc3b3s-pucpr-7-vc3a1lvulas-e-posicionadores.pdf. Acesso em: 28/05/2022

SILVA, Augusto S. B da.: **Um Estudo Detalhado Das Perdas No Processo Sucroalcooleiro: Planejamento E Controle De Produção.** 2009. Centro Universitário De Formiga – UNIFOR – MG. Disponível em: https://repositorioinstitucional.uniformg.edu.br:21074/xmlui/bitstream/handle/123456789/80/AugustoSBSilva-EP.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em 03 jul. 2022.

SMAR, 2017. **FY301 posicionador inteligente de válvulas.** Disponível em: https://www.smar.com/pt/produto/fy301-posicionador-inteligente-de-valvulas. Acesso em: 28/05/2022