



Fundação Educacional do Município de Assis
Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis
Campus "José Santilli Sobrinho"

EDUARDO ELIZEU POLETO

**QUALIDADE DO ETANOL COMERCIALIZADO
NA CIDADE DE ASSIS**

Assis
2013

EDUARDO ELIZEU POLETO

QUALIDADE DO ETANOL COMERCIALIZADO
NACIDADE DE ASSIS

Projeto de pesquisa apresentada ao Curso de Química Industrial do Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis - IMESA e a Fundação Educacional do Município de Assis - FEMA, como requisito parcial à obtenção do Certificado de Conclusão.

Orientadora: Ms. Patrícia Cavani Martins de Mello

Área de Concentração: Química

Assis
2013

FICHA CATALOGRÁFICA

POLETO, EduardoElizeu

Qualidade do Etanol comercializado na cidade de Assis / Eduardo Elizeu Poleto. Fundação Educacional do Município de Assis - FEMA -- Assis, 2013.

34p.

Orientadora: Ms. Patrícia Cavani Martins de Mello

Trabalho de Conclusão de Curso – Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis – IMESA.

1.Alcool. 2.Processos.

CDD:660
Biblioteca da FEMA

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a meus pais Dirce e José (*in memoriam*), minha esposa Jocielle e minha filha Maria Eduarda que foram meu alicerce nos momentos difíceis.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela saúde e pelo despertar a cada amanhecer.

A minha família, em especial minha mãe, que sempre me incentivou a ingressar na faculdade, meu pai José (*in memoriam*) que em algum lugar deve estar orgulhoso, minha esposa Jociele e minha filha Maria Eduarda que são o motivo do meu esforço.

A todos meus amigos de faculdade em especial, Rafaela, Diogo Torres, Aline, Dyonathan, Felipe, Marcelo, Natan e Rodrigo que foram decisivos durante esses anos.

A professora Patrícia Cavani pela orientação e compreensão.

“Algo só é impossível até que alguém
duvide e resolva provar o contrário”

Albert Einstein

RESUMO

Este trabalho faz um breve relato da história do etanol no Brasil e sua evolução no país. Discute também os processos de obtenção do álcool, tais como fermentação contínua e o descontínua, fermentação em bateladas e os fatores que podem afetar a fermentação alcoólica. Aborda assuntos relacionados ao etanol a serem trabalhados no ensino da disciplina de Química do ensino médio. Este estudo tem como objetivo coletar e analisar amostras de álcool provenientes de alguns postos de combustíveis da cidade de Assis e verificar se as análises físico-químicas estão de acordo com as normas pré-estabelecidas pela Agência Nacional do Petróleo. Os resultados das análises físico-químicas mostraram que apenas as análises de pH e acidez, de dois postos distintos estavam fora dos parâmetros estabelecidos. Todas as outras análises estiveram dentro dos padrões. Concluiu-se que os postos da cidade de Assis encontraram-se em conformidade com a legislação durante esta pesquisa.

Palavras chave: etanol, qualidade, postos de combustíveis, fermentação.

ABSTRACT

This paper gives a brief account of the history of ethanol in Brazil and its evolution in the country. It also discusses the process of obtaining alcohol, such as discontinuous and continuous fermentation, fermentation in batch and factors that may affect the fermentation. Addresses issues related to ethanol to be worked on teaching the discipline of chemistry school. This study aims to collect and analyze samples of alcohol from some gas stations in the city of Assisi and check whether the physico-chemical analyzes are in accordance with the standards previously established by the National Petroleum Agency. The results of physico-chemical analyzes showed that only the analysis of pH and acidity, two distinct positions were outside the established parameters. All other analyzes were within the standards. It was concluded that the positions of Assis met in accordance with the law during this research

Keywords: ethanol, quality, service stations, fermentation

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1-	Panorama dos compostos orgânicos provenientes do etanol como matéria-prima.....	13
Figura 2-	Processo de obtenção do etanol a partir da cana-de-açúcar.....	20
Figura 3-	Processo batelada com reciclo.....	22
Figura 4-	Processo de Fermentação Contínua.....	24
Figura 5-	Esquema do destilador usado no experimento.....	31

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	11
2.	O ETANOL.....	12
2.1	A EVOLUÇÃO HISTÓRICA DO ETANOL NO BRASIL.....	15
2.2	PROCESSOS DE FABRICAÇÃO DO ETANOL.....	19
2.2.1	Fermentação em bateladas.....	20
2.2.1.1	Fermentação em bateladas sem reciclo.....	21
2.2.1.2	Fermentação em bateladas com reciclo.....	21
2.2.2	Fermentação contínua.....	22
2.3	FATORES QUE AFETAM A FERMENTAÇÃO ALCOÓLICA.....	24
3.	MATÉRIA PRIMA X ETANOL.....	26
4.	QUALIDADE E ESPECIFICAÇÕES DO ETANOL.....	28
5.	APLICAÇÃO NO ENSINO MÉDIO.....	30
5.1	MATERIAIS E REAGENTES.....	30
5.2	PROCEDIMENTO.....	31
6.	MATERIAIS E MÉTODOS.....	33
6.1.1	Determinação de teor alcoólico (°INPM) em álcool etílico hidratado.....	33
6.1.2	Determinação da acidez total em álcool etílico hidratado.....	34
6.1.3	Determinação do potencial hidrogeniônico (pH) em álcool etílico hidratado.....	35
6.1.4	Determinação da condutividade elétrica em álcool etílico hidratado.....	35
7.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	37
8.	CONCLUSÃO.....	41
	REFERÊNCIAS :.....	42

**ANEXO - Massa específica e volume de misturas de álcool etílico e água,
da temperatura de análise para 20 °C (faixa de 92,5 a 93,9 INPM)**

1. INTRODUÇÃO

A substituição de combustíveis fósseis por biocombustíveis tem sido estimulada pelos governos, não apenas em virtude da volatilidade e do aumento dos preços do petróleo, mas também pela perspectiva de esgotamento das reservas mundiais e crescente preocupação com a emissão de gases de efeito estufa (BASTOS, 2007).

De acordo com Macedo (2007), o Brasil é considerado o melhor exemplo em nível mundial de produção e uso do etanol na introdução da energia renovável com grande escala de produção. Com isso, as usinas passaram a investir na tecnologia, produção e logística elevando-as consideravelmente no referido mercado.

O etanol também conhecido como álcool etílico, é um líquido claro com odor característico, usado em vários produtos e processos. No Brasil cerca de 80% da produção tem como destino o uso carburante (CETESB, 2012).

Em 14 de novembro de 1975, como iniciativa governamental para combater os sucessivos aumentos no preço do petróleo, foi criado o PROALCOOL por meio do Decreto Lei 76. 593. O referido documento institui o Programa Nacional do Álcool e deu outras providências (BRASIL, 1975).

Antes da distribuição deste combustível sua qualidade deve ser assegurada, porém diversos postos praticam a adulteração do mesmo. Para que os veículos não sejam danificados, é necessária a fiscalização das condições do produto. Apesar de ilícita, a comercialização de combustíveis de baixa qualidade é freqüente no o território nacional, podendo acarretar prejuízos ao consumidor.

Este estudo teve como objetivo avaliar a qualidade do etanol fornecido em postos de combustíveis da cidade de Assis, analisando se o pH, a acidez, a condutividade e o teor alcoólico estão de acordo com os padrões estabelecidos pela Agência Nacional de Petróleo - ANP.

2. O ETANOL

O etanol, também denominado álcool etílico, é uma substância obtida da fermentação de açúcares utilizados geralmente em bebidas alcoólicas como cerveja, vinho e aguardente. É utilizado ainda na indústria de perfume, solventes, desinfetantes, produtos de higiene pessoal, fabricação de plásticos, entre inúmeras utilizações com destaque para a produção de combustível (MARCOCCIA, 2007).

Sua fórmula química é C_2H_5OH tendo sido determinada pelo suíço Nicolas-Theodore de Saussure no século XIX. Possui sinônimo como álcool etílico anidro absoluto, absoluto farmacêutico, absoluto anidro, absoluto desnaturado 95°, 95° farmacêutico, 94° desnaturado e 90° desnaturado apresentando cor clara e odor característico (CETESB, 2012).

É um produto altamente combustível e na ocorrência de um incêndio, são utilizados o dióxido de carbono, espuma ou pó químico para o combate às chamas. No caso de inalação do produto em incêndios, é imprescindível a saída imediata do local para evitar qualquer problema respiratório, considerando até mesmo edemas variados em função da concentração e do tempo de exposição.

Quando em contato com os olhos o etanol pode causar irritações devendo o indivíduo lavar os olhos com água por pelo menos dez minutos e no caso de irritações graves, procurar socorro médico. Da mesma forma na ocorrência de possível ingestão do produto que pode causar diarreia, náuseas, vômitos, irritação das vias digestivas, entre outros comprometimentos (CETESB, 2012).

O etanol é caracterizado como uma importante matéria-prima útil nas indústrias químicas para a fabricação de inúmeras substâncias de interesse econômico. Por ser uma molécula muito simples, de fácil obtenção, de baixo peso molecular, contendo oxigênio, miscível com a grande maioria dos líquidos de baixo peso molecular, o álcool etílico (etanol) encontra grande aplicação na natureza, como combustível, solvente industrial, anti-séptico, conservante, fabricação de bebidas, etc (ZARPELON, 2000)

Na figura 1, está representado o fluxograma de diversas substâncias que a partir de determinadas reações podem gerar outras substâncias químicas.

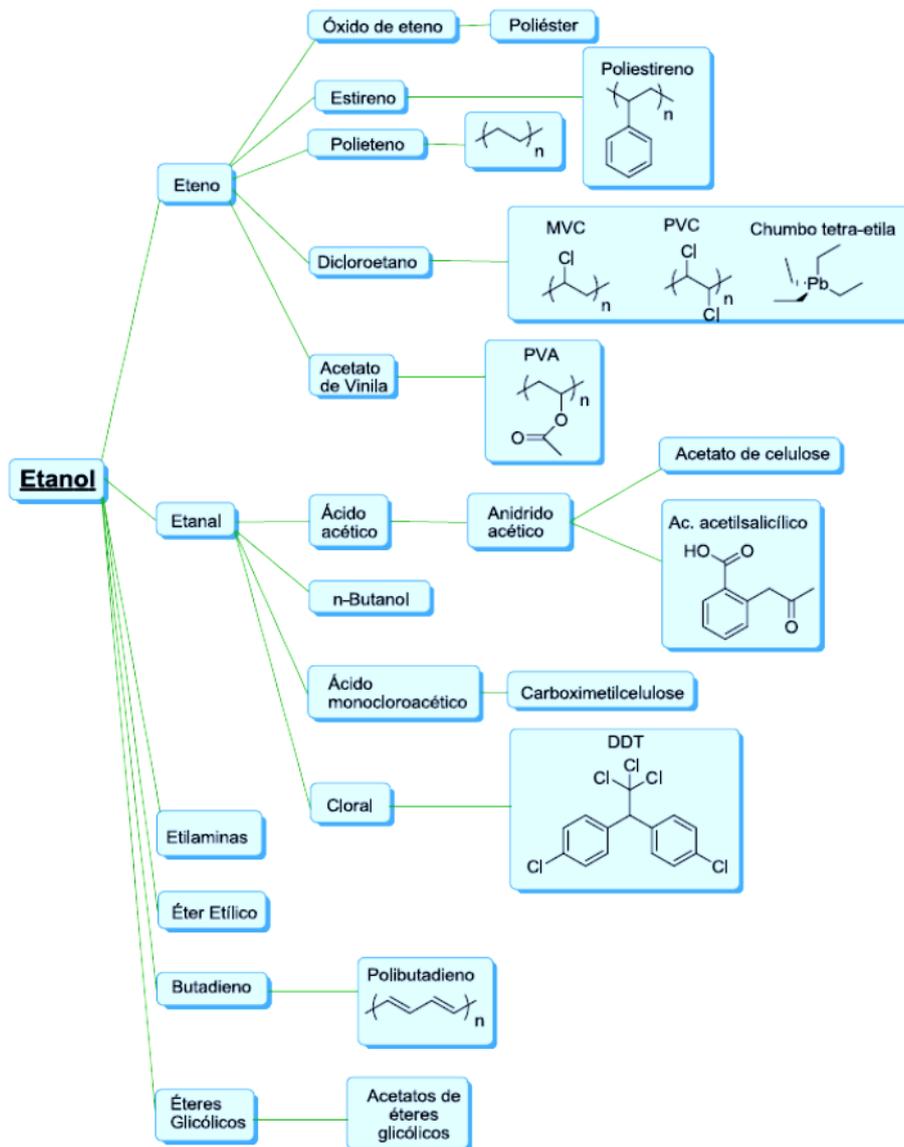


Figura 1 - Panorama dos compostos orgânicos provenientes do etanol como matéria-prima (In: CAMPOS; SILVA, 2013, p.1017)

Pode-se destacar o uso do etanol na produção industrial dos compostos orgânicos: acetato de etila, que provém da reação conhecida como esterificação de Fischer **(A)**;

do éter etílico **(B)** e do etanal, via oxidação catalítica **(C)**. Vale também relatar que existem outros métodos a serem utilizados na oxidação do etanol a etanal como, por exemplo, a utilização do PDC (dicromato de piridínio), PCC (clorocromato de piridínio), reagente de Swern etc. O etanal sendo sintetizado pode ser oxidado a ácido acético **(D)**, amplamente utilizado na indústria química. A partir da reação de cloração do etanol pode-se obter o halogeneto tricloroetanal, também conhecido como cloral, **(E)**, que ao reagir com clorobenzeno em meio de ácido sulfúrico catalítico produz o conhecido pesticida DDT (dicloro-difenil-tricloroetano) **(F)**. A produção de polímeros e copolímeros a partir de acrilatos esta sendo cada vez mais utilizada nas indústrias, e também utiliza o etanol como matéria-prima. O acrilato de etila é preparado a partir da reação de esterificação do ácido acrílico com o etanol **(G)** (CAMPOS; SILVA,p.1016).

Entendendo-se que a tecnologia de produção do álcool determina a existência basicamente em duas classes, álcool hidratado e álcool anidro ou absoluto, pode-se, então, evidenciar as especificações de cada classe segundo as aplicações a que é destinado (ZARPELON, 2000).

Internacionalmente pode-se dizer que o álcool hidratado é utilizado em várias aplicações, sendo as mais comuns são mostradas na Tabela 1.

Tabela 1 - Usos e aplicações do álcool hidratado (Fonte: ZARPELON, 2000)

Uso	Aplicação
Potável, alimentício e farmacêutico	Fabricação de bebidas, fabricação de vinagre, fabricação de alimentos (precipitante, solvente, etc.), solvente de aromas (aromatizante) na fabricação de alimentos e cigarros, na extração de produtos medicinais de plantas e tecidos animais, na fabricação de vacinas, antibióticos e preparações em geral, antisséptico
Cosmético	Fabricação de perfumes, desodorantes, cremes, produtos de toalete em geral.
Industrial	Fabricação de detergentes, produtos de limpeza, tinturas, têxteis, pinturas, solventes, etc
Combustível	Veículos (Brasil), aplicações especiais.

De acordo com a aplicação a que se destina, são distinguidos, basicamente três tipos de álcool hidratado: Álcool Neutro, Álcool Industrial e Álcool de baixa Qualidade, incluindo-se neste último tipo, o álcool hidratado destinado a uso como combustível (ZARPELON, 2000).

O Álcool Neutro sendo virtualmente isento de qualquer impureza, é próprio para qualquer aplicação que envolve o consumo humano ou veterinário. Dependendo da aplicação pode tolerar a presença de traços de alguma impureza menos agressiva, principalmente se não utilizado em produtos de consumo humano interno. O Álcool Industrial tem uso em uma grande quantidade de produtos industriais que não seja para a fabricação de produtos que envolvam o consumo humano. O Álcool de Baixa Qualidade é um álcool menos elaborado, em geral produzido em colunas que não visam à extração das impurezas citadas e tem aplicação geral menos nobre e, principalmente, como combustível; dependendo da legislação (ZARPELON, 2000).

O álcool anidro é aquele que não tolera a presença significativa de água. É utilizado em aplicações industriais como reativo, solvente, na fabricação de aerossóis, sendo a aplicação mais generalizada como combustível, na forma de aditivo a gasolina (ZARPELON, 2000).

2.1 A EVOLUÇÃO HISTÓRICA DO ETANOL NO BRASIL

O emprego do etanol no Brasil teve início no século XX a partir das primeiras tentativas para o uso do álcool como combustível em carros pela SNA - Sociedade Nacional de Agricultura. A Primeira Guerra Mundial causou a falta de combustível e essa situação motivou o Brasil a investir nos experimentos envolvendo a mistura de combustíveis com álcool no ano de 1920 por usinas nordestinas (MENEZES, 1980).

Segundo MENEZES (1980), em 20 de fevereiro de 1931, o Decreto nº 9.717 instituiu o uso obrigatório de 5% de álcool misturado com a gasolina importada sendo este um resultado do investimento no estudo do etanol como combustível de autos. A

partir de então a evolução dos testes permitiu identificar o potencial do etanol como combustível demonstrando benefícios aos motores de veículos.

O Instituto do Açúcar e Alcool - IAA, criado em 1933, possibilitou a organização de produtores de cana-de-açúcar, bem como meios e recursos para financiamento das lavouras e usinas caracterizando, portanto, os primeiros indícios da melhoria do setor sucroalcooleiro no país. Com isso, em 23 de setembro de 1938, o Decreto nº 737 instituiu a mistura de 5% de álcool à gasolina produzida pela Destilaria Rio-Grandense de Petróleo, portanto, a primeira refinaria brasileira de petróleo. Essa conquista permitiu ao Brasil a diminuição da importação de gasolina (MENEZES, 1980).

Com o advento da Segunda Guerra Mundial, o abastecimento de petróleo foi afetado de modo que a concentração de álcool na gasolina chegou a 42%. Com vistas a este problema, o Decreto nº 25.174-A instituiu incentivo à produção de álcool com fins carburantes. Entretanto, o fim dos conflitos mundiais e a contínua busca por petróleo no Brasil limitou o uso do álcool no setor farmacêutico e industrial (MENEZES, 1980).

Na década de 1950 a produção de cana-de-açúcar, considerando a sua baixa eficiência e atraso na tecnologia, foi afetada pelas oscilações dos preços internacionais do açúcar. Preocupadas com a situação e em busca de soluções para o problema, dez usinas no interior do Estado de São Paulo uniram-se em 1959 e fundaram a Cooperativa dos Produtores de Açúcar e Alcool do Estado de São Paulo - COPERSUCAR. Essa união contemplava melhorias de condições para a gestão de estoques e vendas, já que a queda de preços elevou a oferta de açúcar no mercado externo. Além disso, os cooperados projetaram ações de melhorias de produtividade com redução de custos e sua execução levou o mercado à uma ascensão financeira e tecnológica (COPERSUCAR, 2006).

Atualmente o setor sucroalcooleiro conseguiu acumular condições suficientes para seu crescimento, visando em paralelo com o açúcar brasileiro, pois sua valorização impôs aumento de 4,44% na área colhida de cana-de-açúcar, com perspectivas aumentos nos próximos anos. Pode-se dar destaque ao estado de São Paulo, com

taxa de 4,83% ao ano, onde se concentra o maior pólo agrícola e industrial do setor (THEODORO, 2011, p.21).

De acordo com a CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento), a safra atual 2013/2014, as estimativas iniciais de moagem para esta safra variam entre 580 e 594,07 milhões de toneladas de cana-de-açúcar, volume significativo, superior ao de 2012/2013 (NOVACANA, 2013).

Somente no ano 1975 o Brasil lançou o Programa Nacional do Álcool - PROÁLCOOL, que expandiu a produção de álcool com fim carburante sendo utilizado puro ou em mistura a gasolina e também a indústria química. Esta condição foi assegurada pelo Decreto nº 76.593 de 14 de novembro de 1975 (MENEZES, 1980).

O PROÁLCOOL tem como objetivo aumentar a produção de safras agroenergéticas e a capacidade industrial de transformação, para obtenção de álcool em substituição ao petróleo e seus derivados, em especial a gasolina, e a incrementação de seu uso no setor químico (MELO E FONSECA, 1981 apud CARRIJO; CARVALHO, 2007, p.3). Pode-se destacar também outros objetivos oficiais do programa: maior flexibilidade na produção de açúcar, redução das disparidades regionais e individuais de renda, crescimento da renda interna, expansão da produção de bens de capital, geração de empregos, melhoria nas condições ambientais (CARRIJO; CARVALHO, 2007, p.3).

É possível distinguir na evolução do PROÁLCOOL três fases bem distintas:

A **primeira fase** compreende entre 1975 e 1979, procederam-se na utilização de infraestruturas já existentes, aproveitando a capacidade ociosa do setor açucareiro, implantando destilarias anexas às usinas de açúcar, para produção de álcool anidro para misturar à gasolina. Na **segunda fase** do PROÁLCOOL, houve ampliação do programa, para a utilização de álcool hidratado em automóveis movidos a álcool, estes começaram a ser fabricados a partir da década de 80. A meta de produção de álcool se elevou para 14 bilhões de litros. Outra evolução observada foi o aumento do peso das destilarias autônomas na produção de álcool. A **terceira fase** do PROÁLCOOL houve uma queda na participação dos veículos a álcool, devido ao fim dos subsídios do governo ao setor sucroalcooleiro, extinção do IAA (Instituto do Açúcar e do Álcool), queda na produção de álcool, que dentre outros fatores, levou à

crise do abastecimento e da confiança dos consumidores (CARRIJO; CARVALHO, 2007, p.4).

De acordo com Nastari (2005), os anos que se seguiram marcaram altos e baixos da produção de álcool, bem como do petróleo, por conta dos inúmeros acontecimentos mundiais que favoreceram crises nos respectivos mercados. Aliado a esses eventos e ao fato do álcool ser utilizado em veículos movidos à gasolina, o setor automobilístico e sucroalcooleiro uniram-se na busca de uma solução para esse problema que foi eliminado com a criação de motores de veículos com abastecimento flexível de combustível, o conhecido Flex.

Portanto, o abastecimento de qualquer mistura de álcool e gasolina deixou de causar problemas aos motores, além de contribuir para o controle da emissão de gases poluentes causadores do efeito estufa. Para Nogueira (2007, p. 6):

Nos anos noventa, com a crescente conscientização das questões ambientais, o etanol passou a ser mais valorizado por suas vantagens do ponto de vista das emissões menos agressivas e mesmo com uma baixa competitividade econômica, a qualidade do ar nas grandes cidades passou a justificar seu uso.

Segundo SZWARC (2003), o etanol proporciona uma diminuição significativa na emissão de gases poluentes que causam o efeito estufa, dentre os fatores principais são:

- Utilização de matéria-prima renovável, de crescimento rápido e de safra anual, com alto poder de fixação de CO₂ no ambiente por meio da fotossíntese;
- Apresenta absorção, durante o crescimento da cana-de-açúcar, por meio do processo de fotossíntese, de quantidade de CO₂ equivalente àquela gerada no ciclo de produção-uso do etanol; é por isso que se diz que o balanço de carbono do etanol é neutro. Podemos dizer que ao substituir os combustíveis fósseis, o etanol, efetivamente, evita a emissão que ocorreria;

- Emissão de CO₂ pela combustão do etanol é menor que a dos combustíveis fósseis. Enquanto um veículo de porte médio, movido exclusivamente com gasolina, chega a emitir, aproximadamente, 2,2 kg CO₂/litro, um veículo equivalente movido exclusivamente com etanol emite cerca de 1,3 kg CO₂/litro, ou seja, 59% da emissão do veículo a gasolina.

Nogueira (2007) enfatiza que a produção do etanol ainda gera biomassa que pode se reverter em uma alternativa de energia renovável, além de gerar empregos e muitas oportunidades de negócios no setor sucroalcooleiro.

2.2 PROCESSOS DE FABRICAÇÃO DO ETANOL

O Brasil a mais de 20 anos, vem sendo grande alvo de pesquisas no que se diz respeito à fabricação de açúcar e álcool, devido a sua enorme quantidade de matéria-prima disponível, a cana de açúcar. Esta garante uma grande economia e simplicidade no processo quando comparada com outros tipos de matéria-prima utilizada na fabricação do álcool, levando-se em conta principalmente o rendimento industrial (PROCESSOS DE PRODUÇÃO DE ÁLCOOL, 1996).

O Etanol é proveniente da fermentação alcoólica, porém existem vários processos de fermentação que são utilizados e encontrados no Brasil, como o processo de fermentação em bateladas, fermentação contínua e processos com vários fermentadores (ROMERO, 2008).

A figura 2 representa o esquema do processo geral de fabricação do etanol, com o preparo do mosto, a fermentação e a destilação, que resulta na separação do etanol e do vinhoto.

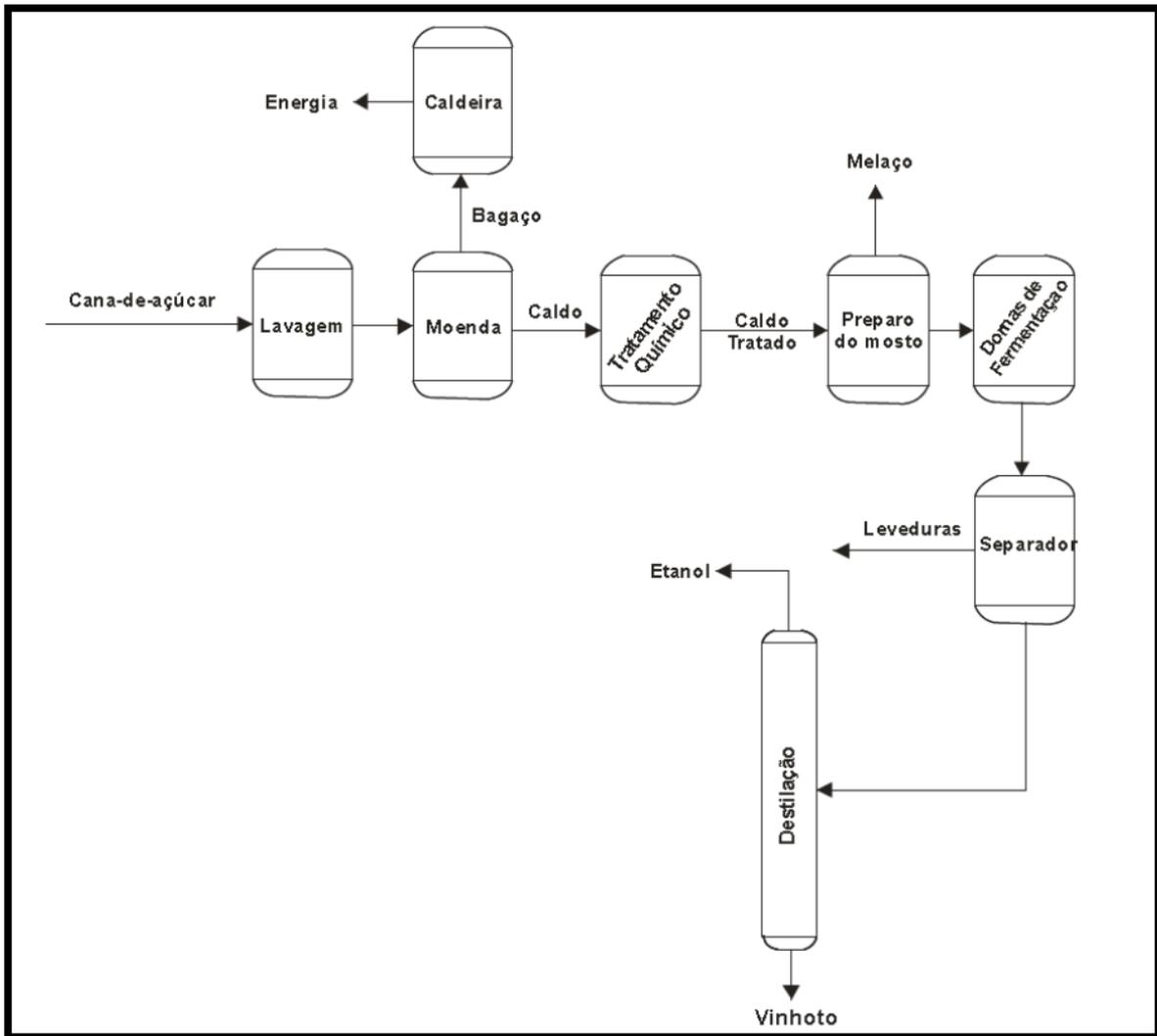


Figura 2- Processo de obtenção do etanol a partir da cana-de-açúcar (In: CAMPOS; SILVA, 2013, p.1010)

2.2.1 Fermentação em bateladas

A fermentação descontínua ou fermentação em batelada é em termos de biotecnologia industrial, um processo fermentativo que é caracterizado pela inoculação e incubação de microrganismos de modo que forneça condições ótimas para a fermentação. É a mais utilizada atualmente na obtenção de produtos fermentados, tais como cerveja, vinho, iogurte e pickles (ZAMBELLI, 2010).

2.2.1.1 Fermentação em bateladas sem reciclo

Este processo de fermentação alcoólica é o mais primitivo do Brasil, é o processo em que o Etanol é produzido com um processo em batelada e sem recirculação do fermento, ou seja, não se utiliza centrífuga de álcool. O fermento fica mantido na dorna por decantação depois de terminada a fermentação. (AMORIM, 1996).

As vantagens deste processo sem reciclo é menos custo de instalação, não é utilizado centrífuga e não é necessário clarificar o caldo.

Porém as desvantagens são maiores, como o menor rendimento (em torno de 70 a 80%), se a levedura não decantar, é necessário fornecer levedura para cada fermentação, e a decantação da levedura é feita por floculação causada por infecção bacteriana ou levedura contaminante.

2.2.1.2 Fermentação em bateladas com reciclo

Os processos em batelada alimentada são eficientes e versáteis na grande maioria dos processos fermentativos, inclusive nos de fermentação alcoólica. Em tais processos, especialmente naqueles com altas densidades celulares, a produtividade é alta devido ao grande número de células viáveis no meio em fermentação. A batelada alimentada permite o controle da concentração de açúcar, minimizando os efeitos de inibição pelo substrato e permitindo a sua adição em momentos propícios durante a fermentação (MACNEIL e HARVEY, 1990; VIEGAS, 2003).

O processo batelada com reciclo, também conhecido como “Melle-Boinot”, é um processo em que o substrato é alimento sob condições controladas até atingir o volume de dorna. Este processo, apesar de antigo, é muito conveniente e satisfatório quanto à operação e eficiência de conversão de açúcares a álcool (PACHECO, 2010).

As Vantagens do processo com reciclo são um maior rendimento fermentativo (até 92%), processo mais estável e menos sujeito a infecção porque se pode lavar as

dornas em cada ciclo, automatização do processo e pode-se conseguir trabalhar com teores alcoólicos até de 11% (v/v), pois se tem as condições mais perto do ideal para as leveduras. (AMORIM, 1996).

E a principal desvantagem é o maior custo de instalação, por conta dos equipamentos para automatização, trocadores de calor, dornas, centrífugas, entre outros. (AMORIM, 1996).

Na figura 3 abaixo, podemos observar o processo de fermentação em batelada com reciclo:

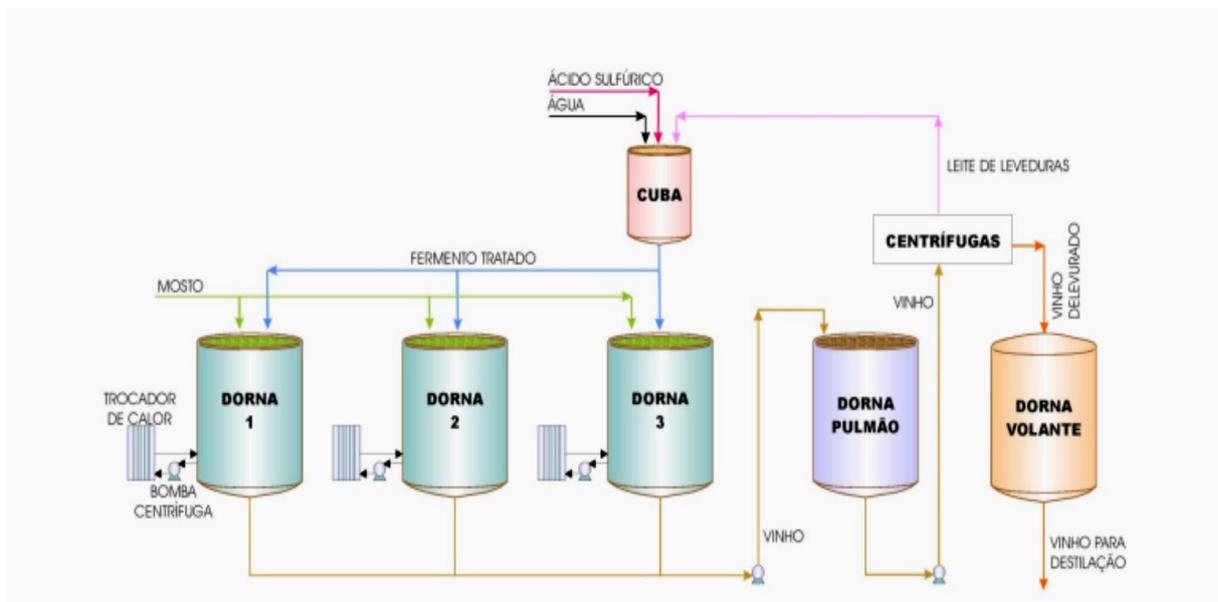


Figura 3 - Processo batelada com reciclo (In: SANTOS, 2008, p.11)

2.2.2 Fermentação contínua

A fermentação contínua caracteriza-se por uma alimentação de forma contínua de meio de cultura a uma dada vazão constante. O volume da reação deve ser mantido constante através da retirada sistemática de caldo fermentado, a manutenção deste volume é vital para que o sistema atinja a condição de “estágio estacionário” ou “Steadystate”, onde, neste estado, as variáveis do processo (concentração de células, de substrato limitante e produto) são constantes (ZAMBELLI, 2010).

Neste processo utiliza-se dorna de grandes dimensões, sendo que o processo é interrompido operando da seguinte forma: mosto e levedura são misturados numa primeira dorna, em seguida, passará para as demais num processo contínuo até chegar a última dorna onde uma concentração de açúcares estará menor, geralmente chamando assim a última dorna de “dorna morta”. O vinho bruto desta última dorna é enviado para a centrifugação, onde o vinho centrifugado é enviado para o aparelho de destilação e o fermento tratado (levedura) volta para o processo na primeira dorna novamente (MARTINS, 2011).

Portanto, este tipo de fermentação permite a operação do sistema durante longos períodos de tempo no seu estado estacionário, que proporciona algumas vantagens. O sistema de manutenção do volume constante é determinado por transbordamento (“ladrão”), podendo ou não ser instaladas bombas de alta vazão na saída dos fermentadores (ZAMBELLI, 2010).

Um dos grandes problemas enfrentados em processos aerados é a grande formação de espumas, que podem prejudicar o processo fermentativo alterando o volume, para isto, basta a utilização de antiespumantes, semelhante ao processo de fermentação descontínua, há também a possibilidade de ação mecânica para a quebra das espumas formadas, em fermentadores grandes esses problemas são minimizados, contudo, em fermentadores de pequena escala podem tornar-se problemas críticos, sendo de vital importância este controle da vazão e de retirada do caldo fermentado (ZAMBELLI, 2010).

Este processo possui muitas vantagens, quando comparado ao processo de fermentação em batelada, como o aumento da produtividade do processo, reduzindo os tempos com dornas paradas (mortas), obtenção de caldo fermentado uniforme, manutenção das células em um mesmo estado fisiológico, o que proporciona um forte estudo para a otimização dos processos, menor necessidade de mão-de-obra, maior facilidade no emprego de mecanismos de controle avançado (ZAMBELLI, 2010).

Porém como em todo sistema ou processo, também possui suas desvantagens, tais como, maior investimento inicial de planta operacional, podem ocorrer mutações genéticas espontâneas, maior possibilidade de contaminação devido ser um sistema

aberto e dificuldade de manter a homogeneidade do reator em baixas vazões e dificuldade de operação no estado estacionário devido as variáveis de processo (ZAMBELLI, 2010).

Na figura 4 abaixo, podemos observar o processo de fermentação contínua:

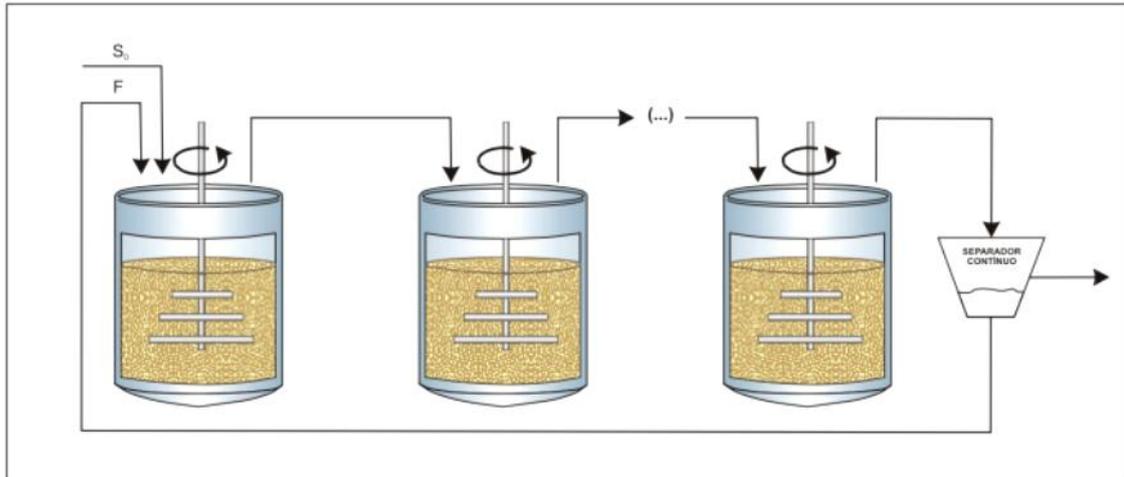


Figura 4 - Processo de Fermentação Contínua (In: SANTOS, 2008, p.13)

2.3 FATORES QUE AFETAM A FERMENTAÇÃO ALCOÓLICA

Entre os fatores que afetam a fermentação são citados:

- **Temperatura:** Variável de acordo com o tipo de processo, em geral na produção de etanol pode variar entre 26 a 32°C.
- **pH do mosto:** Variável entre 4,0 e 4,5 para a produção de etanol, o pH baixo inibe o crescimento de bactérias contaminantes, sem prejudicar o desenvolvimento das leveduras.
- **Concentração de matéria prima:** A levedura pode suportar concentrações de açúcares de 22 a 24%, para a produção de etanol esta concentração varia de 12 a 14% no substrato.
- **Oxigênio:** em anaerobiose, o rendimento em álcool é maior (degradação da glicose é incompleta, formando-se álcool etílico e dióxido de carbono ou ácido

lático), uma vez que, em aerobiose (oxidação total da glicose), ocorre produção de vários subprodutos.

- **Elementos minerais:** certos tipos de matérias primas requerem a adição de substâncias minerais para suprir as necessidades da levedura em certos elementos principalmente P e K (geralmente adicionados sob a forma de K_2HPO_4 . (BORTOLOTTI *et al*, 2011).

3. MATÉRIA-PRIMA X ETANOL

Países como Brasil e Estados Unidos são considerados os maiores produtores mundiais de etanol. No caso do Brasil essa produção advém da cana-de-açúcar, considerando que o país é privilegiado por suas condições climáticas e abundância e variação de recursos naturais, portanto, um importante produtor agrícola e considerado o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo (MACHADO, 2001).

Segundo Zink, Gonçalves e Passos (1978), a cana-de-açúcar é uma planta que pode ser cultivada em diversos tipos de solo devendo estes ser profundos e com boa capacidade de retenção hídrica. O pH do solo deve variar entre 5,5 e 6,5 havendo a necessidade de calagem quando o valor da acidez estiver abaixo de 5,5.

Trata-se de uma planta perene que exige uma precipitação pluviométrica de 1.200 a 1.300mm anuais, devendo o período chuvoso coincidir com os estágios iniciais de desenvolvimento do vegetal. A temperatura ideal para o seu desenvolvimento é entre 20 a 24° C tornando-se inviável a ocorrência de geadas (ZINK; GONÇALVES; PASSOS, 1978).

Pesquisas desenvolvidas com a cana-de-açúcar resultaram em variações modificadas resistentes à pragas e melhor adaptabilidade a diferentes solos. Em 2000, através de um convênio entre a Fundação de Amparo à Pesquisa de São Paulo (FAPESP) e a COPERSUCAR, a ciência concluiu o sequenciamento genético da cana-de-açúcar para posterior melhoria genética da planta (FAPESP, 2000).

Além da cana-de-açúcar, há outras fontes possíveis de biomassa para a produção de etanol. Nos mais variados países diferentes vegetais são utilizados como biomassa sendo alguns deles a beterraba branca, o milho, a mandioca, o trigo, o sorgo sacarino, além de resíduos florestais. A produção de etanol através dessas diferentes culturas depende das condições climáticas e naturais de cada local (MENEZES, 1980).

No Brasil foram realizadas pesquisas entre os anos de 1970 e 1990 para a produção de etanol utilizando as matérias-primas sorgo, mandioca e batata doce. Apesar dos

resultados satisfatórios, essas culturas sempre apresentaram problemas referente a preço e condições de tecnologia. Portanto, a cana-de-açúcar continua sendo a maior matéria-prima na produção de etanol no país (MENEZES, 1980).

4. QUALIDADE E ESPECIFICAÇÕES DO ETANOL

A Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) é o órgão brasileiro que monitora constantemente a qualidade da gasolina, álcool e óleo diesel comercializados em todo o país. Essa missão faz parte do programa de qualidade dos combustíveis e consequente proteção dos consumidores.

Um conjunto de características físicas e químicas define a qualidade dos combustíveis, porém, estas estão previstas e padronizadas nas Normas Brasileiras (NBR) e Métodos Brasileiros (MB) da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e de normas da American Society for Testing and Materials (ASTM). As características físicas e químicas são estabelecidas pela Lei nº 9.478 elaborada em 6 de agosto de 1997, que determina valores-limites para assim garantir o desempenho ideal dos combustíveis (PORTES *et al.*, 2010).

A análise física e química dos combustíveis é imprescindível tendo em vista os inúmeros casos que ocorrem comumente nas revendas cujo combustível é adulterado pela adição irregular de alguma substância visando maior lucro na venda do produto. No caso do álcool o tipo mais comum de adulteração é a adição de mais água na sua fórmula originando um produto sem especificação, portanto, de qualidade incompatível para o uso em veículos (PORTES *et al.*, 2010).

Sendo assim, a ANP define testes com suas respectivas especificações para a verificação dos valores normais dos tais no álcool, assim como a possibilidade da adição ilegal de solventes. São analisados testes como acidez total, teor alcoólico, potencial hidrogeniônico (pH), entre outros.

É importante ressaltar que a obtenção de dados de uma análise é baseada em experimentos, por isso a necessidade de limitações e confiabilidade dos dados, já que os mesmos estão sujeitos a erros experimentais que podem interferir de maneira positiva ou negativa nos resultados.

Testes específicos são realizados para revelar se os produtos estão de acordo com as especificações estabelecidas pela ANP e, também se houve adição ilegal de

solventes. Na tabela 2 abaixo, esta de acordo com a resolução ANP, nº 5, de 24 de fevereiro de 2005.

Tabela 2 - Especificações do Álcool Etílico Anidro Combustível - AEAC e do Álcool Etílico Hidratado Combustível - AEHC, Padrões para Ensaio de Consumo e Emissões (In: PORTES *et al.*, 2009, p.5).

Características	Unidades	Limites		Métodos
		AEAC	AEHC	
Aspecto		Aprovada*		14954 **
Cor		***		
Acidez total (como ácido acético) (máx.)	mg/L	30,0	30,0	9866
Condutividade elétrica (máx.)	µS/m	500	500	10547
Massa específica a 20°C	kg/m ³	790,9 ± 0,6	809,3 ± 1,1	5992
Teor alcoólico	° INPM	99,5 ± 0,2	93,2 ± 0,4	5992
Potencial hidrogeniônico (pH)	-	-	6,0 a 8,0	10891
Resíduo por evaporação (máx.)	mg/ 100mL	5	5	8644
Íon sulfato (máx.)	mg/Kg	2	2	10894/12120
Sódio (máx.)	mg/Kg	2	2	10422
Cobre (máx.)	mg/Kg	0,03	-	10893
Aldeídos (máx.)	mg/ L	-	60	Cromatografia gasosa
Álcoois superiores (máx.)	mg/ L	-	100	
			500	

*Límpida e isenta de água ou material em suspensão, conforme condições determinadas no método especificado para avaliação do Aspecto; **Procedimento 1;

***Incolor a amarelada.

5. APLICAÇÃO NO ENSINO MÉDIO

No ensino médio o tema etanol pode ser trabalhado dentro do tema biocombustíveis, que são combustíveis produzidos de origem biológica renovável.

Segundo a Revista Química Nova na Escola (2000), o álcool pode ser usado no ensino médio enfatizando seu papel na sociedade, mas especificamente o etanol, abordando temas como: nomenclatura dos álcoois, como é produzido o etanol, teor alcoólico de bebidas, o alcoolismo e problemas causados por se dirigir embriagado.

Para enfatizar o trabalho, será realizado com os alunos do ensino médio a produção de etanol a partir da sacarose presente no caldo de cana (garapa), sob ação de um fermento biológico. O experimento tem como princípio o uso de materiais de baixo custo.

5.1 MATERIAIS E REAGENTES

- 1 litro de garapa;
- 1 tablete de fermento biológico;
- Água;
- Qualquer recipiente disponível;
- 1 chaleira ou bule;
- 2 metros de mangueira plástica do diâmetro do bico da chaleira;
- 1 lata de tinta de 18 litros vazia;
- Massa de vidraceiro ou durepóxi;
- Gelo;
- Fonte de aquecimento como placa aquecedora.

5.2 PROCEDIMENTO

- Dissolver o fermento biológico em água morna usando o recipiente disponível;
- Acrescentar o caldo de cana (garapa);
- Deixar em repouso por 5 dias;
- Dentro da lata, enrolar a mangueira na forma de serpentina;
- Passar a mangueira por um furo feito no lado inferior da lata;
- Vedar o furo com durepóxi ou com a massa de vidraceiro;
- Colocar a mistura que ficou em repouso por 5 dias na chaleira;
- Conectar a extremidade superior da mangueira no bico da chaleira ou do bule;
- Encher com água e gelo a lata que contém a mangueira;
- Aquecer brandamente a chaleira;

Abaixo esta representado a figura 5, demonstrando o destilador para produção do etanol no experimento.

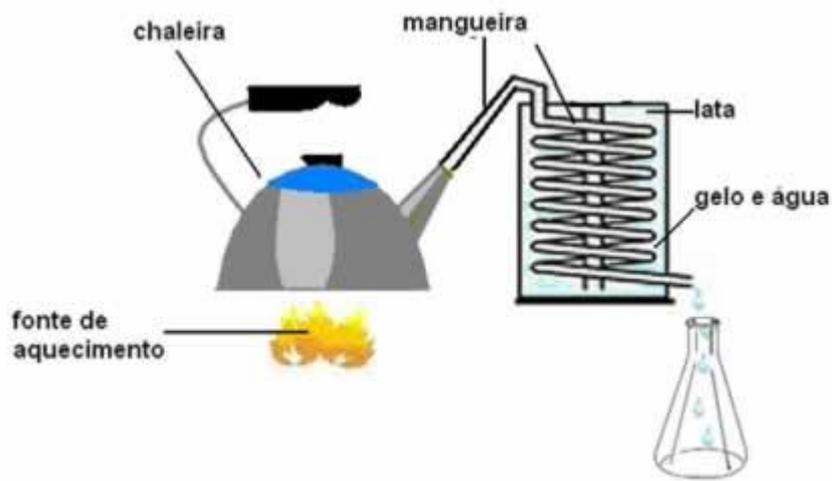


Figura 5 - Esquema do destilador usado no experimento (In: <http://educador.brasilecola.com/estrategias-ensino/preparando-etanol.htm>)

No final do experimento será abordado com os alunos assuntos como: fórmula do etanol presente na mistura; semelhança dessa preparação do etanol com a sua fabricação industrial; o principal açúcar presente no caldo, demonstrando sua fórmula;

finalidade do fermento; o nome do processo de separação utilizado para a extração do álcool; nome da mudança de estado que ocorre dentro da manguieira; reações que transformam a cana-de-açúcar em álcool.

6. MATERIAIS E MÉTODOS

Foram coletadas seis amostras de etanol de diferentes postos de combustível da cidade de Assis, rotuladas em ordem alfabética, para que não fosse possível a identificação do fornecedor.

Cada amostra foi analisada em triplicata para garantir a precisão dos resultados.

As determinações das características do álcool etílico combustível foram realizadas mediante o emprego de normas brasileiras (NBR) da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, segundo métodos ABNT NBR 14883 – Petróleo e produtos de petróleo – Amostragem Manual ou ASTM D 4057 – Práticas para Amostragem de Petróleo e Produtos Líquidos de Petróleo. (PORTES *et al.*, 2010).

Os dados coletados e obtidos através das análises, foram comparados com os resultados da Especificação – RT ANP Número 5/2005 para o Álcool Etílico Hidratado Combustível, da Agência Nacional do Petróleo, estimando assim a qualidade do álcool combustível analisado. (PORTES *et al.*, 2010).

6.1 Determinação de teor alcoólico (°INPM) em álcool etílico hidratado

A amostra foi homogeneizada. Uma proveta foi rinsada com a amostra e preenchida com o combustível. Introduziu-se o termômetro para leitura da temperatura.

O densímetro previamente limpo e seco, foi imergido na amostra e deixado para flutuação livre. Aguardou-se alguns minutos para garantir estabilidade térmica e posição de equilíbrio. Procedeu-se as leituras da massa específica, da temperatura da amostra e anotou-se o resultado.

O teor alcoólico do álcool etílico produzido é expresso em % álcool em peso (p/p) a 20°C (°INPM) ou em volume (v/v) a 20°C (°GL) e é obtido com auxílio da tabela que se encontra no final desse trabalho como anexo.

6.1.2 Determinação da acidez total em álcool etílico hidratado

Esse método baseia-se na neutralização da acidez do álcool etílico por uma base forte sendo o resultado expresso em mg/L. Para realização desse método, foram utilizados as seguintes soluções:

- **Biftalato de Potássio 0,1N:** Pesou-se 10,2115g de Biftalato de Potássio p.a em um becker de 150 mL, adicionou-se cerca de 100 mL de água e dissolveu o material. Transferiu-se quantitativamente o material contido no becker para um balão volumétrico de 500 mL e completou-se o volume com água desmineralizada.
- **Solução alcoólica indicadora de alfa-naftolftaleina a 0,1%:** Pesou-se 0,100g do indicador alfa-naftolftaleinap.a em um becker de 150 mL, adicionou-se cerca de 50 mL de álcool etílico absoluto (anidro) p.a e dissolveu. Transferiu-se quantitativamente o material contido no becker para um balão volumétrico de 100 mL e completou-se com álcool etílico absoluto (anidro) p.a.
- **Solução de NaOH 0,02N:** Pesou-se 0,800g de NaOH em um becker de 250 mL, adicionou-se cerca de 100 mL de água desmineralizada. Transferiu-se para um balão de 1000 mL e completou-se com água desmineralizada.

Com a solução de NaOH 0,02N pronta, realizou-se a padronização com Biftalato de Potássio 0,1N. Transferiu-se 5mL da solução de Biftalato de Potássio 0,1N, utilizando pipeta volumétrica para o becker de 250 mL e acrescentou-se 50 mL de água. Levou-se o becker com o material preparado para um agitador magnético, inseriu-se o eletrodo do medidor de pH na solução e realizou-se a titulação até pH= 8,50, com agitação, gotejando lentamente a solução de NaOH 0,02N contida em bureta de 25 mL. Realizou-se três repetições desta operação de titulação.

Para o fator de padronização da solução de NaOH 0,02N, utilizou-se a seguinte form.(1):

$$F = 20 / Vg (1)$$

O símbolo **Vg**, representa a média das três repetições dos volumes gastos da solução de NaOH 0,02N nas titulações.

Para o procedimento desse método, homogeneizou-se a amostra. A um erlenmeyer foram transferidos 50mL de água desmineralizada, adicionados 4 gotas de indicador α -fenolftaleína e procedeu-se neutralização da mesma com hidróxido de sódio 0,02N.

Adicionou-se 50mL de amostra e agitou-se. Titulou-se com a solução de hidróxido de sódio 0,02 N até viragem do indicador (incolor para azul claro). Anotou-se o volume gasto (Vg).

A acidez foi determinada pela seguinte form.(2):

$$\text{Acidez} = Vg * 1200 * N (2)$$

N = Concentração em normalidade da solução de NaOH 0,02 após a padronização.

6.1.3 Determinação do potencial hidrogeniônico (pH) em álcool etílico hidratado

Encheu-se um béquer de 50mL com a amostra à temperatura ambiente. Introduziu-se o eletrodo até cobrir a luva de teflon/vidro com a amostra e agitou-se suavemente o béquer por aproximadamente 30 segundos para proporcionar um contato mais rápido entre o eletrodo e a amostra. Aguardou-se até que a leitura no pH se estabilize e anotou-se o resultado.

6.1.4 Determinação da condutividade elétrica em álcool etílico hidratado

Circulou-se a água do banho termostatizado a 20°C na câmara de refrigeração da cela e lavou-se a mesma com a amostra de 3 a 4 vezes.

Encheu-se a cela com amostra e aguardou-se 2 minutos para estabilizar na temperatura do banho. Fez-se a leitura condutimétrica e anotou-se o resultado;

7. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das análises são apresentados na Tabela 3, e comparados com a especificações da resolução nº 5 da ANP.

Estabelecimento	pH	Condutividade ($\mu\text{S.m}^{-1}$)	Massa Específica (g.mL^{-1})	Massa (20°C) (g)	Temperatura (°C)	Acidez (mg/L)	Teor alcoólico (INPM)
Padrão	6-8	500	809,3 $\pm 1,1$	-	-	30,0	93,2 \pm 0,4
A	6,48	74,63	0,812	0,8107	18,5	45,07	92,7
B	6,73	76,49	0,811	0,8101	19	14,34	92,7
C	6,83	77,87	0,8055	0,8102	25,5	13,2	92,9
D	5,84	78,43	0,8085	0,8102	18,5	17,43	92,9
E	6,49	28,5	0,8085	0,8098	21,5	11,95	93
F	6,89	49,27	0,8095	0,8089	21,5	10,75	93
G	6,72	96,16	0,8115	0,8103	21	16,73	92,8
H	6,76	124,25	0,807	0,8096	23	13,09	93,1

Tabela 3: Qualidade do etanol comercializado em alguns estabelecimentos da cidade de Assis/SP

O gráfico 1 abaixo, representa análise de acidez (ácido acético) com parâmetro de no máximo 30 mg/L de acordo com a ANP, o resultado analítico do estabelecimento A, apresentou um resultado de 45,07 mg/L.

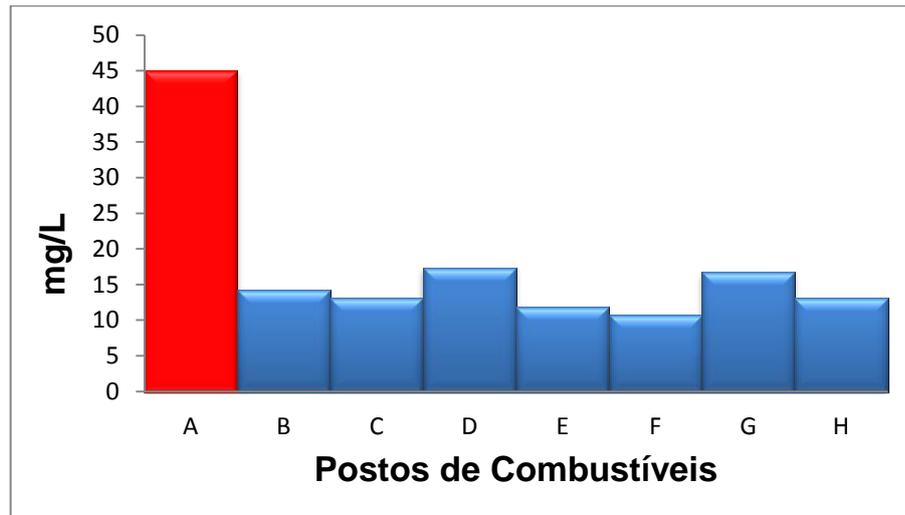


Gráfico 1- Resultado da análise de acidez total dos postos de combustíveis

Os resultados obtidos indicam que a amostra A teve acidez acima da especificação, porém com o pH dentro das normas estabelecidas. O mesmo fato acontece com a amostra D, porém inversamente com o pH abaixo do parâmetro estabelecido pela norma e a acidez de acordo com a especificação.

Este problema pode ser explicado pelo fato de que a acidez total é medida em miligramas de ácido acético por litro de etanol, porém como o etanol é obtido através da fermentação de açúcares, outros ácidos orgânicos podem se formar e não serem separados durante a destilação, influenciando assim no pH final do etanol. Além disso para a análise de acidez pode ocorrer alguns problemas de visualização na mudança de coloração da solução que ocorrem durante a titulação com a mudança de cor que começa em um tom esverdeado até tornar-se azul que caracteriza o ponto final da titulação segundo a norma ANP (“permanência da cor azul”), afetando inevitavelmente a exatidão da análise de acidez total.

Embora não haja, por enquanto, proposta oficial por nenhum país, pode-se aqui sugerir a titulação potenciométrica na determinação da acidez deste tipo de solução, com o objetivo de retirar este erro sistemático das análises em sua rotina e na pesquisa (OSAWA, C.B., GONÇALVES, L. A. G, RAGAZZI, S., 2013)

Para a análise de pH o que importa é a presença de H^+ presente na solução, onde é dado pela fórmula $pH = -\log(H^+)$, onde este H^+ pode ser originado através da

dissociação da água, etanol, ácido acético e de outros ácidos orgânicos, portanto a acidez do etanol não pode ser relacionada com o seu pH.

Conforme a resolução nº 5 da ANP a acidez titulável ou acidez total expressa à quantidade real de ácido presente (ácido acético). Ácidos orgânicos, principalmente o ácido acético, que geralmente não causam danos à ingestão humana, mas que podem formar outros compostos pela reação destes ácidos com o álcool, formando acetato de etila (reação de esterificação). Podem também dar um caráter muito ácido ao álcool, ocasionando corrosão ou modificação de cor ou estabilidade do produto que o contém.

No início da sua utilização do etanol como combustível no Brasil, vários estudos de compatibilidade de materiais foram realizados. Verificou-se que a qualidade do etanol é um aspecto de suma importância no seu efeito corrosivo, já que ele puro não ocasiona corrosão.⁴ Em geral, a corrosão ocasionada pelo álcool combustível está associada a algumas impurezas presentes e ao uso de determinados aditivos (AMBROZIM, A.R.P.; CURI, S.E.; MONTEIRO, M.R.; 2009)

No gráfico 2 abaixo, representa os valores dos estabelecimentos analisados, e de acordo com a ANP, o valor recomendado é de 6,0 a 8,0.

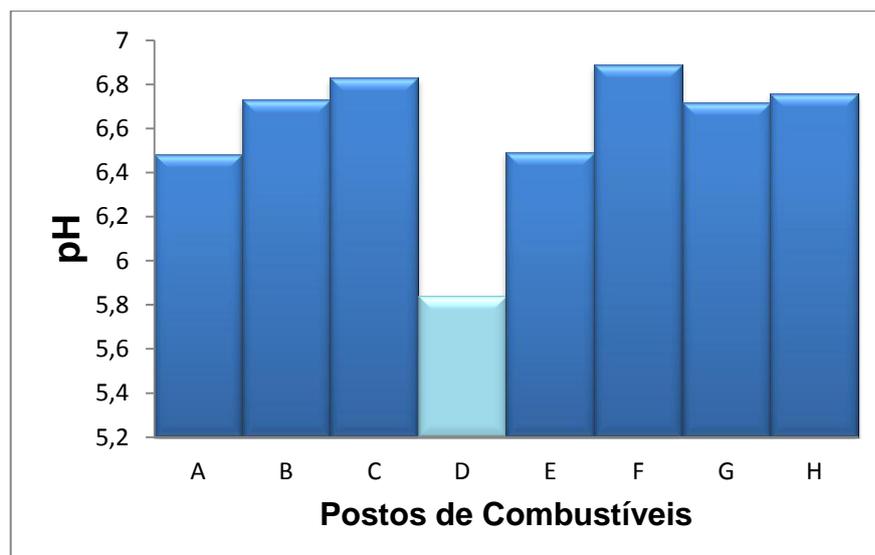


Gráfico 2- Resultado do pH dos postos de combustíveis

O estabelecimento D, apresentou um valor de pH fora do parâmetro da resolução. O pH expressa apenas o ácido dissociado na solução. Um etanol combustível ácido pode acarretar problemas nos motores dos automóveis.

8. CONCLUSÃO

Os resultados das análises mostraram apenas duas análises fora dos parâmetros estabelecidos pelas normas da ANP (Agência Nacional do Petróleo), mostrados acima pelas análises. Porém em todas as outras análises, os valores estão de acordo com os padrões estabelecidos pelas normas da ANP. Assim conclui-se que os postos de combustível da cidade de Assis encontram-se em conformidade com a legislação, fornecendo um combustível de qualidade para a população.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, Mônica R. M. P.; RODRIGUES, Juliana R.; SANTA MARIA, Luis C.; SANTOS, Zilma A. M. Uma abordagem alternativa para o ensino da função álcool. **Revista Química Nova da Escola**, n. 12, nov., 2000, p. 1-2.

AMBROZIN, Alessandra Regina Pepe; KURI, Sebastião Elias; MONTEIRO, Marcos Roberto. Corrosão metálica associada ao uso de combustíveis minerais e biocombustíveis. *Quím. Nova*, São Paulo, v. 32, n. 7, 2009. Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422009000700037&lng=en&nrm=iso>. access on 26 Nov. 2013. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422009000700037>.

SZWARC, Alfred. **O Etanol e o Controle de Emissões de Gases de Efeito Estufa**. Disponível em: <http://felix.ib.usp.br/bib138/etanol_controle_gases.pdf>. Acesso em: 12. Nov. 2013.

AMORIM, Henrique V.; BASSO, Luiz. C; LOPES, M. L. . **Controle da fermentação aumenta e melhora produção do setor**. *Visão Agrícola (Piracicaba)*, v. 8, p. 34-37, 2008.

BASTOS, V. D. Etanol, Alcoolquímica e Biorrefinarias. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, 2005.

BORTOLOTTI, João A.; VERASZTO, Estéfano V.; SILVA, Fabiano C.; FILHO, Jomar B.; CAMARGO, José T. F.; FREITAS, Daniel C.; GOMES, Jéssica L. **Estudos para otimização da produção de Etanol**. Núcleo de apoio à pesquisa e extensão. Fundação Educacional Guaçuana – Faculdade Municipal Prof. Franco Montoro, Mogi Guaçu, São Paulo, 2011. Disponível em: <http://www.fmpfm.edu.br/.../projetos/etanol_otimizacao_producao.pdf>. Acesso em 12 out. 2013.

BRASIL. Senado Federal. Subsecretaria de Informações. **Decreto nº 76.593, de 14 de Novembro de 1975**. Disponível em: <<http://www6.senado.gov.br/legislacao/ListaPublicacoes.action?id=123069>>. Acesso em: 02 mai. 2012.

CARVALHO, Simone Pereira de; CARRIJO, Ed licys de Oliveira. **A Produção de Álcool: do Proálcool ao Contexto Atual**. Universidade Federal de Goiás.

Disponível em: <<http://www.sober.org.br/palestra/6/685.pdf>>. Acesso em: 11. Nov. 2013.

CETESB. **Ficha de Informação Toxológica - Etanol**. 2012. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/laboratorios/fit/Etanol.pdf>>. Acesso em: 01 mai. 2012.

COPERSUCAR. Cooperativa de Produtores de Cana-de-açúcar, Açúcar e Álcool do Estado de São Paulo. 2006. Disponível em: <<http://www.copersucar.com.br>>. Acesso em 20 set. 2012.

FAPESP. Achados preciosos. **Revista Pesquisa FAPESP**, ed. 52, abril 2000.

MACHADO, F. B. P. **Brasil, a doce terra**. Jornal Cana. 2001. Disponível em: <<http://www.jornalcana.com.br/conteudo/historiadoSetor.htm>>. Acesso em: 27 set. 2012.

MCNEIL, B.; HARVEY, LM, **Fermentation, A practical Approach**, IRL, UK, 1990.

MARCOCCIA, R. A participação do etanol brasileiro em uma nova perspectiva na matriz energética mundial. **Dissertação de Mestrado**. Universidade de São Paulo. Instituto de Eletrotécnica e Energia. São Paulo, 2007.

MENEZES, T. J. B. **Etanol o combustível do Brasil**. Editora Agronômica Ceres: São Paulo, 1980.

MELO, F. H. de & FONSECA, E. G. da. Proálcool, energia e transportes. São Paulo: Pioneira: FIPE, 1981

NovaCana.Com. **Safra 2013/ 2014**. Disponível em: <http://www.novacana.com/busca/filtro/filtro_tag?cat_id=Safra%202013-2014#>. Acesso em: 13. Nov.2013.

OSAWA, Cibele Cristina; GONCALVES, Lireny Ap. Guaraldo; RAGAZZI, Sidnei. Titulação potenciométrica aplicada na determinação de ácidos graxos livres de óleos e gorduras comestíveis. Quím. Nova, São Paulo , v. 29, n. 3, June 2006 . Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422006000300031&lng=en&nrm=iso>. access on 22 Nov. 2013. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422006000300031>.

PACHECO, Thályta F. **Fermentação alcoólica com leveduras de características floculantes em reator tipo torre com escoamento ascendente.** Dissertação (Tese) – Engenharia Química, Universidade Federal de Uberlândia, Minas Gerais, Uberlândia, 2010.

PORTES, Márcia N.; DINIZ, Marcos; NETO, Antônio P.; CARNEIRO, Noelle S. **Análise da qualidade do álcool combustível: uma Proposta de aprendizagem.** Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro – IF Triângulo – Campus Uberaba. Disponível em: <http://www.senept.cefetmg.br/galerias/Anais_2010/Artigos/GT2/ANALISE_DA_QUALIDADE.pdf> Acesso em: 24 set. 2013.

ROMERO, Thiago. **Etanol de segunda geração é essencial à sustentabilidade dos biocombustíveis.** Agência Fapesp. Disponível em: <<http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=etanol-de-segunda-geracao-e-essencial-a-sustentabilidade-dos-biocombustiveis&id=010115081226>>. Acesso em: 22 set. 2013.

Silva, Wanderson Amaral da; Campos, Vinicius R. **Métodos de Preparação Industrial de Solventes e Reagentes Químicos.** Disponível em: <<http://www.uff.br/RVQ/index.php/rvq/article/viewFile/350/289>>. Acesso em: 14. Nov. 2013.

THEODORO, Antônio Donisete. **Expansão da cana-de-açúcar no Brasil: Ocupação da cobertura vegetal do cerrado.** 2011. p.60. Trabalho de Conclusão de Curso - Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Sousa – Faculdade de Tecnologia de Araçatuba, Araçatuba, 2011.

VIEGAS, M. C. **Otimização de sistema de fermentação alcoólica contínua utilizando reatores tipo torre e leveduras com características floculantes.** 2003. 150 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Faculdade de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP.

ZAMBELI, Rafael A. **Fermentação Contínua e Fermentação Descontínua.** 2010. Centro de Ciências Agrárias: Departamento de Tecnologia de Alimentos. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, ZINK, F.; GONÇALVES, R.; PASSOS, S. M. Cultura de cana-de-açúcar. **Boletim Técnico nº 121**, Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo, 1978.

ZARPELON, FLORENAL. **As Especificações do Álcool Focadas para o**

Mercado Mundial. Disponível em:

<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Especificacoes_do-Alcool_Focado_para_Mercado_Mundial_000fxgfctu02wyiv80soht9hal6t8qx.pdf>.

Acesso em: 15, nov. 2013.

TABELA Massa específica e volume de misturas de álcool etílico e água, da temperatura de análise para 20 °C (faixa de 92,5 a 93,9 INPM)

Massa 10,5°C	Massa 20°	Grau INPM	Fator Redução	Massa 11°C	Massa 20°	Grau INPM	Fator Redução	Massa 11,5°C	Massa 20°	Grau INPM	Fator Redução
0,8155	0,8076	93,8	1,0103	0,8150	0,8075	93,8	1,0097	0,8145	0,8074	93,9	1,0092
0,8160	0,8080	93,7	1,0103	0,8155	0,8080	93,7	1,0097	0,8150	0,8079	93,7	1,0092
0,8165	0,8086	93,4	1,0103	0,8160	0,8085	93,5	1,0097	0,8155	0,8084	93,5	1,0092
0,8170	0,8091	93,3	1,0103	0,8165	0,8090	93,3	1,0097	0,8160	0,8089	93,3	1,0092
0,8175	0,8096	93,1	1,0103	0,8170	0,8095	93,1	1,0097	0,8165	0,8094	93,2	1,0092
0,8180	0,8101	92,9	1,0103	0,8175	0,8100	92,9	1,0097	0,8170	0,8099	93,0	1,0092
0,8185	0,8105	92,8	1,0103	0,8180	0,8105	92,8	1,0097	0,8175	0,8100	92,8	1,0092
0,8190	0,8110	92,6	1,0103	0,8185	0,8109	92,6	1,0097	0,8180	0,8109	92,6	1,0092
Massa 12°C	Massa 20°	Grau INPM	Fator Redução	Massa 12,5°C	Massa 20°	Grau INPM	Fator Redução	Massa 13°C	Massa 20°	Grau INPM	Fator Redução
0,8140	0,8074	93,9	1,0086	0,8135	0,8072	93,9	1,0081	0,8135	0,8076	93,8	1,0076
0,8145	0,8079	93,7	1,0086	0,8140	0,8078	93,7	1,0081	0,8140	0,8082	93,6	1,0076
0,8150	0,8083	93,6	1,0086	0,8145	0,8083	93,5	1,0081	0,8145	0,8087	93,4	1,0076
0,8155	0,8088	93,4	1,0086	0,8150	0,8087	93,4	1,0081	0,8150	0,8091	93,3	1,0076
0,8160	0,8093	93,2	1,0086	0,8155	0,8093	93,2	1,0081	0,8155	0,8097	93,1	1,0076
0,8165	0,8098	93,0	1,0086	0,8160	0,8097	93,0	1,0081	0,8160	0,8101	92,9	1,0076
0,8170	0,8103	92,8	1,0086	0,8165	0,8102	92,9	1,0081	0,8165	0,8107	92,7	1,0076
0,8175	0,8108	92,6	1,0086	0,8170	0,8107	92,7	1,0081	0,8170	0,8112	92,5	1,0076
Massa 13,5°C	Massa 20°	Grau INPM	Fator Redução	Massa 14°C	Massa 20°	Grau INPM	Fator Redução	Massa 14,5°C	Massa 20°	Grau INPM	Fator Redução
0,8130	0,8076	93,8	1,0071	0,8125	0,8075	93,8	1,0065	0,8120	0,8075	93,9	1,0060
0,8135	0,8080	93,7	1,0071	0,8130	0,8080	93,7	1,0065	0,8125	0,8079	93,7	1,0060
0,8140	0,8086	93,5	1,0071	0,8135	0,8085	93,5	1,0065	0,8130	0,8084	93,5	1,0060
0,8145	0,8091	93,3	1,0071	0,8140	0,8090	93,3	1,0065	0,8135	0,8089	93,3	1,0060
0,8150	0,8096	93,1	1,0071	0,8145	0,8095	93,1	1,0065	0,8140	0,8094	93,2	1,0060
0,8155	0,8101	92,9	1,0071	0,8150	0,8100	92,9	1,0065	0,8145	0,8099	93,0	1,0060
0,8160	0,8105	92,8	1,0071	0,8155	0,8105	92,8	1,0065	0,8150	0,8104	92,8	1,0060
0,8165	0,8111	92,6	1,0071	0,8160	0,8109	92,6	1,0065	0,8155	0,8109	92,6	1,0060
Massa 15°C	Massa 20°	Grau INPM	Fator Redução	Massa 15,5°C	Massa 20°	Grau INPM	Fator Redução	Massa 16°C	Massa 20°	Grau INPM	Fator Redução
0,8115	0,8074	93,9	1,0054	0,8110	0,8072	93,9	1,0049	0,8105	0,8072	93,9	1,0043
0,8120	0,8079	93,7	1,0054	0,8115	0,8078	93,7	1,0049	0,8110	0,8076	93,8	1,0043
0,8125	0,8083	93,5	1,0054	0,8120	0,8083	93,5	1,0049	0,8115	0,8082	93,6	1,0043
0,8130	0,8088	93,4	1,0054	0,8125	0,8087	93,4	1,0049	0,8120	0,8087	93,4	1,0043
0,8135	0,8093	93,2	1,0054	0,8130	0,8093	93,2	1,0049	0,8125	0,8091	93,2	1,0043
0,8140	0,8098	93,0	1,0054	0,8135	0,8097	93,0	1,0049	0,8130	0,8097	93,0	1,0043
0,8145	0,8103	92,8	1,0054	0,8140	0,8102	92,9	1,0049	0,8135	0,8101	92,9	1,0043
0,8150	0,8108	92,6	1,0054	0,8145	0,8107	92,7	1,0049	0,8140	0,8107	92,7	1,0043

Massa 16,5°C	Massa 20°	Grau INPM	Fator Redução	Massa 17°C	Massa 20°	Grau INPM	Fator Redução	Massa 17,5°C	Massa 20°	Grau INPM	Fator Redução
0,8105	0,8076	93,8	1,0039	0,8100	0,8075	93,8	1,0033	0,8095	0,8075	93,8	1,0028
0,8110	0,8080	93,7	1,0039	0,8105	0,8080	93,7	1,0033	0,8100	0,8079	93,7	1,0028
0,8115	0,8086	93,4	1,0039	0,8110	0,8085	93,5	1,0033	0,8105	0,8085	93,5	1,0028
0,8120	0,8091	93,3	1,0039	0,8115	0,8090	93,3	1,0033	0,8110	0,8089	93,3	1,0028
0,8125	0,8096	93,1	1,0039	0,8120	0,8095	93,1	1,0033	0,8115	0,8094	93,2	1,0028
0,8130	0,8101	92,9	1,0039	0,8125	0,8100	92,9	1,0033	0,8120	0,8099	93,0	1,0028
0,8135	0,8106	92,7	1,0039	0,8130	0,8105	92,8	1,0033	0,8125	0,8104	92,8	1,0028
0,8140	0,8111	92,5	1,0039	0,8135	0,8110	92,6	1,0033	0,8130	0,8109	92,6	1,0028
Massa 18°C	Massa 20°	Grau INPM	Fator Redução	Massa 18,5°C	Massa 20°	Grau INPM	Fator Redução	Massa 19°C	Massa 20°	Grau INPM	Fator Redução
0,8090	0,8074	93,9	1,0022	0,8085	0,8073	93,9	1,0017	0,8080	0,8072	93,9	1,0011
0,8095	0,8079	93,7	1,0022	0,8090	0,8078	93,7	1,0017	0,8085	0,8077	93,8	1,0011
0,8100	0,8083	93,6	1,0022	0,8095	0,8083	93,6	1,0017	0,8090	0,8082	93,6	1,0011
0,8105	0,8089	93,3	1,0022	0,8100	0,8087	93,4	1,0017	0,8095	0,8087	93,4	1,0011
0,8110	0,8093	93,2	1,0022	0,8105	0,8093	93,2	1,0017	0,8100	0,8091	93,3	1,0011
0,8115	0,8098	93,0	1,0022	0,8110	0,8097	93,1	1,0017	0,8105	0,8097	93,1	1,0011
0,8120	0,8103	92,8	1,0022	0,8115	0,8102	92,9	1,0017	0,8110	0,8101	92,9	1,0011
0,8125	0,8108	92,6	1,0022	0,8120	0,8107	92,7	1,0017	0,8115	0,8107	92,7	1,0011
Massa 19,5°C	Massa 20°	Grau INPM	Fator Redução	Massa 20°C	Massa 20°	Grau INPM	Fator Redução	Massa 20,5°C	Massa 20°	Grau INPM	Fator Redução
0,8080	0,8076	93,8	1,0006	0,8075	0,8075	93,8	1,0000	0,8070	0,8075	93,8	0,9995
0,8085	0,8081	93,6	1,0006	0,8080	0,8080	93,7	1,0000	0,8075	0,8079	93,7	0,9995
0,8090	0,8086	93,4	1,0006	0,8085	0,8085	93,5	1,0000	0,8080	0,8085	93,5	0,9995
0,8095	0,8091	93,3	1,0006	0,8090	0,8090	93,3	1,0000	0,8085	0,8089	93,3	0,9995
0,8100	0,8096	93,1	1,0006	0,8095	0,8095	93,1	1,0000	0,8090	0,8094	93,2	0,9995
0,8105	0,8101	92,9	1,0006	0,8100	0,8100	92,9	1,0000	0,8095	0,8099	93,0	0,9995
0,8110	0,8106	92,7	1,0006	0,8105	0,8105	92,8	1,0000	0,8100	0,8104	92,8	0,9995
0,8115	0,8111	92,5	1,0006	0,8110	0,8110	92,6	1,0000	0,8105	0,8110	92,6	0,9995
Massa 21°C	Massa 20°	Grau INPM	Fator Redução	Massa 21,5°C	Massa 20°	Grau INPM	Fator Redução	Massa 22°C	Massa 20°	Grau INPM	Fator Redução
0,8065	0,8074	93,9	0,9989	0,8060	0,8074	93,9	0,9984	0,8055	0,8072	93,9	0,9978
0,8070	0,8079	93,7	0,9989	0,8065	0,8078	93,7	0,9984	0,8060	0,8078	93,7	0,9978
0,8075	0,8083	93,5	0,9989	0,8070	0,8083	93,5	0,9984	0,8065	0,8082	93,6	0,9978
0,8080	0,8089	93,3	0,9989	0,8075	0,8087	93,4	0,9984	0,8070	0,8087	93,4	0,9978
0,8085	0,8094	93,2	0,9989	0,8080	0,8093	93,2	0,9984	0,8075	0,8091	93,3	0,9978
0,8090	0,8098	93,0	0,9989	0,8085	0,8098	93,0	0,9984	0,8080	0,8097	93,1	0,9978

0,8095	0,8103	92,8	0,9989	0,8090	0,8102	92,9	0,9984	0,8085	0,8102	92,9	0,9978
0,8100	0,8103	92,6	0,9989	0,8095	0,8107	92,7	0,9984	0,8090	0,8107	92,7	0,9978
Massa	Massa	Grau	Fator	Massa	Massa	Grau	Fator	Massa	Massa	Grau	Fator
22,5°C	20°	INPM	Redução	23°C	20°	INPM	Redução	23,5°C	20°	INPM	Redução
0,8055	0,8076	93,8	0,9973	0,8050	0,8076	93,8	0,9967	0,8045	0,8075	93,8	0,9962
0,8060	0,8082	93,6	0,9973	0,8055	0,8081	93,6	0,9967	0,8050	0,8080	93,7	0,9962
0,8065	0,8086	93,4	0,9973	0,8060	0,8086	93,4	0,9967	0,8055	0,8085	93,5	0,9962
0,8070	0,8091	93,3	0,9973	0,8065	0,8090	93,3	0,9967	0,8060	0,8090	93,3	0,9962
0,8075	0,8096	93,1	0,9973	0,8070	0,8096	93,1	0,9967	0,8065	0,8095	93,1	0,9962
0,8080	0,8101	92,9	0,9973	0,8075	0,8100	92,9	0,9967	0,8070	0,8100	92,9	0,9962
0,8085	0,8106	92,7	0,9973	0,8080	0,8105	92,8	0,9967	0,8075	0,8104	92,8	0,9962
Massa	Massa	Grau	Fator	Massa	Massa	Grau	Fator	Massa	Massa	Grau	Fator
24°C	20°	INPM	Redução	24,5°C	20°	INPM	Redução	25°C	20°	INPM	Redução
0,8040	0,8074	93,9	0,9956	0,8035	0,8074	93,9	0,9951	0,8030	0,8072	93,9	0,9945
0,8045	0,8079	93,7	0,9956	0,8040	0,8078	93,7	0,9951	0,8035	0,8078	93,7	0,9945
0,8050	0,8084	93,5	0,9956	0,8045	0,8083	93,6	0,9951	0,8040	0,8082	93,6	0,9945
0,8055	0,8089	93,3	0,9956	0,8050	0,8089	93,3	0,9951	0,8045	0,8087	93,4	0,9945
0,8060	0,8094	93,2	0,9956	0,8055	0,8093	93,2	0,9951	0,8050	0,8093	93,2	0,9945
0,8065	0,8099	93,0	0,9956	0,8060	0,8098	93,0	0,9951	0,8055	0,8098	93,0	0,9945
0,8070	0,8104	92,8	0,9956	0,8065	0,8103	92,8	0,9951	0,8060	0,8102	92,9	0,9945
0,8075	0,8109	92,6	0,9956	0,8070	0,8108	92,6	0,9951	0,8065	0,8107	93,7	0,9945
Massa	Massa	Grau	Fator	Massa	Massa	Grau	Fator	Massa	Massa	Grau	Fator
25,5°C	20°	INPM	Redução	26°C	20°	INPM	Redução	26,5°C	20°	INPM	Redução
0,8025	0,8072	93,9	0,9940	0,8025	0,8076	93,8	0,9935	0,8020	0,8075	93,8	0,9930
0,8030	0,8076	93,8	0,9940	0,8030	0,8080	93,7	0,9935	0,8025	0,8080	93,7	0,9930
0,8035	0,8082	93,6	0,9940	0,8035	0,8086	93,4	0,9935	0,8030	0,8085	93,5	0,9930
0,8040	0,8086	93,4	0,9940	0,8040	0,8091	93,3	0,9935	0,8035	0,8090	93,3	0,9930
0,8045	0,8091	93,3	0,9940	0,8045	0,8096	93,1	0,9935	0,8040	0,8095	93,1	0,9930
0,8050	0,8097	93,0	0,9940	0,8050	0,8101	92,9	0,9935	0,8045	0,8100	92,9	0,9930
0,8055	0,8102	92,9	0,9940	0,8055	0,8106	92,7	0,9935	0,8050	0,8105	92,8	0,9930
0,8060	0,8107	92,7	0,9940	0,8060	0,8111	92,5	0,9935	0,8055	0,8111	92,6	0,9930
Massa	Massa	Grau	Fator	Massa	Massa	Grau	Fator	Massa	Massa	Grau	Fator
27°C	20°	INPM	Redução	27,5°C	20°	INPM	Redução	28	20°	INPM	Redução
0,8015	0,8075	93,8	0,9924	0,8010	0,8074	93,9	0,9918	0,8005	0,8074	93,9	0,9912
0,8020	0,8079	93,7	0,9924	0,8015	0,8079	93,7	0,9918	0,8010	0,8078	93,7	0,9912
0,8025	0,8085	93,5	0,9924	0,8020	0,8084	93,5	0,9918	0,8015	0,8084	93,5	0,9912
0,8030	0,8089	93,3	0,9924	0,8025	0,8089	93,3	0,9918	0,8020	0,8088	93,4	0,9912
0,8035	0,8094	93,2	0,9924	0,8030	0,8093	93,2	0,9918	0,8025	0,8093	93,2	0,9912
0,8040	0,8100	93,0	0,9924	0,8035	0,8098	93,0	0,9918	0,8030	0,8098	93,0	0,9912
0,8045	0,8104	92,8	0,9924	0,8040	0,8104	92,8	0,9918	0,8035	0,8102	92,9	0,9912
0,8050	0,8109	92,6	0,9924	0,8045	0,8109	92,6	0,9918	0,8040	0,8108	92,6	0,9912
Massa	Massa	Grau	Fator	Massa	Massa	Grau	Fator	Massa	Massa	Grau	Fator

28,5°C	20°	INPM	Redução	29°C	20°	INPM	Redução	29,5°C	20°	INPM	Redução
0,8005	0,8078	93,8	0,9907	0,7995	0,8072	93,9	0,9901	0,7995	0,8076	92,8	0,9896
0,8010	0,8082	93,6	0,9907	0,8000	0,8076	93,8	0,9901	0,8000	0,8081	9*2,6	0,9896
0,8015	0,8088	93,4	0,9907	0,8005	0,8082	93,6	0,9901	0,8005	0,8086	92,4	0,9896
0,8020	0,8092	93,2	0,9907	0,8010	0,8087	93,4	0,9901	0,8010	0,8091	93,3	0,9896
0,8025	0,8098	93,0	0,9907	0,8015	0,8092	93,2	0,9901	0,8015	0,8096	93,1	0,9896
0,8030	0,8102	92,9	0,9907	0,8020	0,8096	93,1	0,9901	0,8020	0,8101	92,9	0,9896
0,8035	0,8107	92,7	0,9907	0,8025	0,8102	92,9	0,9901	0,8025	0,8106	92,7	0,9896
0,8040	0,8113	92,5	0,9907	0,8030	0,8107	92,7	0,9901	0,8030	0,8111	92,5	0,9896
Massa 30°C	Massa 20°	Grau INPM	Fator Redução	Massa 30,5°C	Massa 20°	Grau INPM	Fator Redução	Massa 31°C	Massa 20°	Grau INPM	Fator Redução
0,7990	0,8076	93,8	0,9890	0,7985	0,8074	93,9	0,9885	0,7980	0,8074	93,9	0,9879
0,7995	0,8080	93,7	0,9890	0,7990	0,8080	93,7	0,9885	0,7985	0,8078	93,7	0,9879
0,8000	0,8085	93,5	0,9890	0,7995	0,8085	93,5	0,9885	0,7990	0,8084	93,5	0,9879
0,8005	0,8090	93,3	0,9890	0,8000	0,8089	93,3	0,9885	0,7995	0,8089	93,3	0,9879
0,8010	0,8095	93,1	0,9890	0,8005	0,8095	93,1	0,9885	0,8000	0,8093	93,2	0,9879
0,8015	0,8101	92,9	0,9890	0,8010	0,8100	92,9	0,9885	0,8005	0,8099	93,0	0,9879
0,8020	0,8105	92,7	0,9890	0,8015	0,8105	92,8	0,9885	0,8010	0,8104	92,8	0,9879
Massa 31,5°C	Massa 20°	Grau INPM	Fator Redução	Massa 32°C	Massa 20°	Grau INPM	Fator Redução	Massa 32,5°C	Massa 20°	Grau INPM	Fator Redução
0,7975	0,8073	93,9	0,9874	0,7970	0,8072	93,9	0,9868	0,7965	0,8072	93,9	0,9863
0,7980	0,8078	93,7	0,9874	0,7975	0,8078	93,7	0,9868	0,7970	0,8076	93,8	0,9863
0,7985	0,8083	93,5	0,9874	0,7980	0,8083	93,5	0,9868	0,7975	0,8082	93,6	0,9863
0,7990	0,8089	93,3	0,9874	0,7985	0,8087	93,4	0,9868	0,7980	0,8087	93,4	0,9863
0,7995	0,8093	93,2	0,9874	0,7990	0,8093	93,2	0,9868	0,7985	0,8091	93,3	0,9863
0,8000	0,8098	93,0	0,9874	0,7995	0,8097	93,0	0,9868	0,7990	0,8097	93,0	0,9863
0,8005	0,8103	92,8	0,9874	0,8000	0,8102	92,9	0,9868	0,7995	0,8102	92,9	0,9863
0,8010	0,8108	92,6	0,9874	0,8005	0,8107	92,7	0,9868	0,8000	0,8107	92,7	0,9863
Massa 33°C	Massa 20°	Grau INPM	Fator Redução	Massa 33,5°C	Massa 20°	Grau INPM	Fator Redução	Massa 34°C	Massa 20°	Grau INPM	Fator Redução
0,7965	0,8076	93,8	0,9857	0,7960	0,8075	93,8	0,9852	0,7955	0,8075	93,8	0,9846
0,7970	0,8081	93,6	0,9857	0,7965	0,8080	93,7	0,9852	0,7960	0,8080	93,7	0,9846
0,7975	0,8086	93,4	0,9857	0,7970	0,8085	93,5	0,9852	0,7965	0,8085	93,5	0,9846
0,7980	0,8091	93,3	0,9857	0,7975	0,8091	93,3	0,9852	0,7970	0,8089	93,3	0,9846
0,7985	0,8096	93,1	0,9857	0,7980	0,8095	93,1	0,9852	0,7975	0,8095	93,1	0,9846
0,7990	0,8102	92,9	0,9857	0,7985	0,8100	92,9	0,9852	0,7980	0,8100	92,9	0,9846
0,7995	0,8106	92,7	0,9857	0,7990	0,8106	92,7	0,9852	0,7985	0,8105	92,8	0,9846
0,8000	0,8111	92,5	0,9857	0,7995	0,8111	92,5	0,9852	0,7990	0,8111	92,5	0,9846
Massa 34,5°C	Massa 20°	Grau INPM	Fator Redução	Massa 35°C	Massa 20°	Grau INPM	Fator Redução	Massa 35,5°C	Massa 20°	Grau INPM	Fator Redução
0,7950	0,8074	93,9	0,9841	0,7945	0,8074	93,9	0,9835	0,7940	0,8073	93,9	0,9829
0,7955	0,8080	93,7	0,9841	0,7950	0,8078	93,7	0,9835	0,7945	0,8078	93,7	0,9829

0,7960	0,8084	93,5	0,9841	0,7955	0,8084	93,5	0,9835	0,7950	0,8083	93,5	0,9829
0,7965	0,8089	93,3	0,9841	0,7960	0,8089	93,3	0,9835	0,7955	0,8089	93,3	0,9829
0,7970	0,8094	93,2	0,9841	0,7965	0,8094	93,2	0,9835	0,7960	0,8093	93,2	0,9829
0,7975	0,8100	92,9	0,9841	0,7970	0,8098	93,0	0,9835	0,7965	0,8098	93,0	0,9830
0,7980	0,8104	92,8	0,9841	0,7975	0,8104	92,8	0,9835	0,7970	0,8102	92,9	0,9830
0,7985	0,8109	92,6	0,9841	0,7980	0,8108	92,6	0,9835	0,7975	0,8108	92,6	0,9830
Massa	Massa	Grau	Fator	Massa	Massa	Grau	Fator	Massa	Massa	Grau	Fator
36°C	20°	INPM	Redução	36,5°C	20°	INPM	Redução	37°C	20°	INPM	Redução
0,7935	0,8072	93,9	0,9823	0,7930	0,8072	93,9	0,9818	0,7930	0,8076	93,8	0,9812
0,7940	0,8077	93,8	0,9823	0,7935	0,8076	93,8	0,9818	0,7935	0,8080	93,7	0,9812
0,7945	0,8082	93,6	0,9823	0,7940	0,8082	93,6	0,9818	0,7940	0,8086	93,4	0,9812
0,7950	0,8087	93,4	0,9823	0,7945	0,8086	93,4	0,9818	0,7945	0,8091	93,3	0,9812
0,7955	0,8093	93,2	0,9823	0,7950	0,8091	93,3	0,9818	0,7950	0,8096	93,2	0,9812
0,7960	0,8097	93,0	0,9823	0,7955	0,8097	93,0	0,9818	0,7955	0,8102	92,9	0,9813
0,7965	0,8102	92,9	0,9824	0,7960	0,8102	92,9	0,9819	0,7960	0,8106	92,7	0,9813
0,7970	0,8107	92,7	0,9824	0,7965	0,8107	92,7	0,9819	0,7965	0,8111	92,5	0,9813
Massa	Massa	Grau	Fator	Massa	Massa	Grau	Fator	Massa	Massa	Grau	Fator
37,5°C	20°	INPM	Redução	38°C	20°	INPM	Redução	38,5°C	20°	INPM	Redução
0,7925	0,8075	93,8	0,9807	0,7920	0,8075	93,8	0,9801	0,7915	0,8074	93,9	0,9796
0,7930	0,8080	93,7	0,9807	0,7925	0,8080	93,7	0,9801	0,7920	0,8079	93,7	0,9796
0,7935	0,8085	93,5	0,9807	0,7930	0,8085	93,5	0,9801	0,7925	0,8084	93,5	0,9796
0,7940	0,8091	93,3	0,9807	0,7935	0,8089	93,3	0,9801	0,7930	0,8089	93,3	0,9796
0,7945	0,8095	93,1	0,9807	0,7940	0,8095	93,1	0,9801	0,7935	0,8094	93,2	0,9796
0,7950	0,8100	92,9	0,9808	0,7945	0,8100	92,9	0,9802	0,7940	0,8100	92,9	0,9796
0,7955	0,8106	92,7	0,9808	0,7950	0,8105	92,8	0,9802	0,7945	0,8104	92,8	0,9796
Massa	Massa	Grau	Fator	Massa	Massa	Grau	Fator	Massa	Massa	Grau	Fator
39°C	20°	INPM	Redução	39,5°C	20°	INPM	Redução	40°C	20°	INPM	Redução
0,7910	0,8073	93,9	0,9790	0,7905	0,8073	93,9	0,7984	0,7900	0,8072	93,9	0,9778
0,7915	0,8078	93,7	0,9790	0,7910	0,8078	93,7	0,7984	0,7905	0,8077	93,8	0,9778
0,7920	0,8084	93,5	0,9790	0,7915	0,8083	93,5	0,7984	0,7910	0,8082	93,6	0,9778
0,7925	0,8089	93,3	0,9790	0,7920	0,8088	93,4	0,7984	0,7915	0,8087	93,4	0,9778
0,7930	0,8994	93,2	0,9790	0,7925	0,8093	93,2	0,7984	0,7920	0,8092	93,2	0,9778
0,7935	0,8098	93,0	0,9790	0,7930	0,8098	93,0	0,7985	0,7925	0,8097	93,0	0,9778
0,7940	0,8104	92,9	0,9790	0,7935	0,8102	92,9	0,7985	0,7930	0,8102	92,9	0,9779
0,7945	0,8108	92,6	0,9790	0,7940	0,8108	92,6	0,7985	0,7935	0,8107	92,7	0,9779

