

S676p SOARES, Jackson de Sousa

Produção de etanol a partir de amido de mandioca: uma prática aplicada no ensino de química - Patos: UEPB, 2011. 22 f.

- Artigo (Trabalho de Conclusão de Curso - (TCC) - Universidade Estadual da Paraíba. Orientador: Prof. Msc. Francisco Ferreira Dantas Filho

1. Química 2. Ensino de Química I.  
Titulo II. Dantas Filho, Francisco Ferreira

CDD 372.8



UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA – UEPB  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E SOCIAIS APLICADAS – CCEA  
CAMPUS VII – GOVERNADOR ANTÔNIO MARIZ  
CURSO DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS EXATAS

ATA DE DEFESA DE TCC

Aos 21 dias do mês de NOVEMBRO do ano de 2011; às 20:00 horas, no Campus VII da Universidade Estadual da Paraíba, ocorreu a apresentação de Trabalho de Conclusão de Curso, requisito da disciplina TCC, do (a) aluno (a) JACKSON DE SOUSA SOARES, tendo como tema "PRODUÇÃO DE ETANOL A PARTIR DE AMIDO DE MANDIOCA - UMA PRÁTICA APLICADA NO ENSINO DE QUÍMICA".

Constituíram a Banca Examinadora os professores:

Professor (a) FRANCISCO FERREIRA DANTAS FILHO  
Professor (a) LUCIANO LUCENA TRAJANO  
Professor (a) FELIX MIGUEL OLIVEIRA JUNIOR

Após a apresentação e as observações dos membros da banca avaliadora, definiu-se que o trabalho foi APROVADO, com nota 9,0 (NOVE).

Eu, FRANCISCO FERREIRA DANTAS FILHO, Professor (a) orientador (a), lavrei a presente ata que segue assinada por mim e pelos demais membros da Banca Examinadora.

Francisco Ferreira Dantas Filho  
Professor(a) Orientador(a)  
Nome Completo

Luciano Lucena Trajano  
Professor(a) Examinador(a)  
Nome Completo

[Assinatura]  
Professor(a) Examinador(a) 2  
Nome Completo

# PRODUÇÃO DE ETANOL A PARTIR DE AMIDO DE MANDIOCA: UMA PRÁTICA APLICADA NO ENSINO DE QUÍMICA

Jackson de Sousa Soares<sup>1</sup>

Francisco Ferreira Dantas Filho<sup>2</sup>

## RESUMO

O presente trabalho tem por finalidade mostrar a conexão entre teoria e prática no ensino de química, abordando a importância da experimentação que aproxima a química vista na sala de aula do cotidiano dos alunos, tornando as aulas mais dinâmicas. Para tal comprovação, ele mostra um estudo teórico que os alunos do 2º ano médio da escola José Américo de Almeida em São José de Espinharas fizeram sobre a produção de etanol a partir de amido de mandioca, onde se estudou o que de fato é o etanol, como obtê-lo, e por fim, concluiu-se a aula com a prática da obtenção do mesmo utilizando mandioca em vez da cana-de-açúcar, já que o laboratório da referida escola possuía poucos materiais para a realização desta prática. Com isso, ficou bastante claro o quanto é importante o ensino de química aliado à prática da experimentação, desenvolvendo nos alunos a capacidade de compreender os fenômenos químicos presentes em seu dia a dia.

**Palavras-chave:** ensino de química, atividades experimentais, obtenção de etanol a partir de amido de mandioca.

## 1. INTRODUÇÃO

O professor tem como missão de contribuir para a sociedade, porque ele é o personagem principal da educação. Ele terá sua parte a cumprir na luta contra o fracasso escolar. Nenhuma escola, nenhum sistema educacional será melhor do que a qualidade e habilidade do professor. Sua prática pedagógica, porém, dependerá de três fatores: qualidade básica, habilidade pessoal, ou seja, domínio em sala no controle da turma e preparo teórico e

---

<sup>1</sup>Graduando do curso de licenciatura em ciências exatas com habilitação em química, pela Universidade Estadual da Paraíba (UEPB) – Campus VII – Patos-PB.

[Jackson\\_sousahueurio@hotmail.com](mailto:Jackson_sousahueurio@hotmail.com)

<sup>2</sup>Professor orientador do curso de licenciatura em ciências exatas da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB) – Campus VII – Patos-PB. [dantasquimica@yahoo.com.br](mailto:dantasquimica@yahoo.com.br)

prático (ALVES, 2007). A própria essência da química revela a importância de introduzir este tipo de atividade ao aluno, esta ciência se relaciona com a natureza, sendo assim os experimentos propiciam ao aluno uma compreensão mais científica das transformações que nela ocorrem.

Reconhece-se que é preciso reformular o ensino de química nas escolas, visto que as atividades experimentais são capazes de proporcionar um melhor conhecimento ao aluno, por isso, este trabalho trás algumas reflexões que visam abranger a importância da atividade experimental no ensino de química. A prática da experimentação através de aulas práticas ocupou um papel essencial na consolidação das ciências a partir do século XVIII. Ocorreu naquele período uma ruptura com as práticas de investigação vigente, que considerava ainda uma estreita relação da natureza e do homem, onde ocupou um lugar privilegiado na proposição de uma metodologia científica que se resume pela regularização de procedimentos (QUEIROZ, 2004). Porém, a química é uma ciência experimental; fica por isso muito difícil aprendê-la sem a realização de atividades práticas (laboratório). Essas atividades podem incluir demonstrações feitas pelo professor, experimentos para confirmação de informações já dadas, cuja interpretação leve à elaboração de conceitos, entre outros.

Este trabalho enfatiza bem essa questão da experimentação, no qual alunos do 2º ano médio da Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio, José Américo de Almeida, tiveram a oportunidade de vivenciar o que de fato é teoria e prática. Estudando química orgânica, eles tiveram algumas aulas sobre a produção de etanol por via fermentativa a partir da cana-de-açúcar, onde viram toda a teoria de obtenção do mesmo, os processos empregados, características da cana-de-açúcar e por fim realizaram a prática que consistiu na obtenção de etanol utilizando amido de mandioca, devido à falta de materiais adequados no laboratório daquela escola.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 ENSINO DE QUÍMICA**

O ensino tradicional é administrado de forma que aluno saiba inúmeras fórmulas, decore reações e propriedades, mas sem relacioná-las com a forma natural que ocorrem na

natureza. Trabalhar com as substâncias, aprender a observar um experimento cientificamente, visualizar de forma que cada aluno descreva o que observou durante a reação, isto sim leva a um conhecimento definido. As atividades experimentais permitem ao estudante uma compreensão de como a Química se constrói e se desenvolve, ele presencia a reação ao “vivo e a cores”, afinal foi assim que ela surgiu através da alquimia, nome dado à química praticada na idade média. Os alquimistas tentavam acelerar esse processo em laboratório, por meio de experimentos com fogo, água, terra e ar, pois assim o aprendizado faz mais sentido. (AMARAL, 1996).

A construção do conhecimento químico é feita por meio de manipulações orientadas e controladas de materiais, iniciando os assuntos a partir de alguns acontecimentos recentes ou do próprio cotidiano, ou ainda, adquirido através deste ou de outro componente curricular, propiciando ao educando acumular, organizar e relacionar as informações necessárias na elaboração dos conceitos fundamentais da disciplina, os quais são trabalhados através de uma linguagem própria dos químicos, como: símbolos, fórmulas, diagramas, equações químicas e nome correto das substâncias (MALDANER, 1999). Além disso, a cada nova unidade são retomados, para que fiquem solidamente incorporados à estrutura cognitiva dos alunos e no sentido de auxiliar a busca de novas explicações (QUEIROZ, 2004). Pode ser trabalhado como base para o entendimento de situações do cotidiano, devendo ser oferecida em um nível adequado ao desenvolvimento cognitivo dos alunos, isto é, deve considerar sua faixa etária e o quanto possa ser aprofundado para explicar situações do dia a dia.

No ensino de Química, especificamente, a experimentação deve contribuir para a compreensão de conceitos químicos, podendo distinguir duas atividades: a prática e a teórica. A atividade prática ocorre no manuseio e transformações de substâncias e a atividade teórica se verifica quando se procura explicar a matéria. Entende-se que a melhoria da qualidade do ensino de Química deve contemplar também a adoção de uma metodologia de ensino que privilegie a experimentação como uma forma de aquisição de dados da realidade, oportunizando ao aprendiz uma reflexão crítica do mundo e um desenvolvimento cognitivo, por meio de seu envolvimento, de forma ativa, criadora e construtiva, com os conteúdos abordados em sala de aula, viabilizando assim a dualidade: teoria e prática.

O conteúdo de Química na escola não pode ignorar a realidade, deve ter como finalidade a promoção de educação em química que permita aos alunos tornarem-se cidadãos capazes de compreender o mundo natural que os rodeia, e de interpretar, do modo mais adequado as suas manifestações (FONSECA, 2001).

Quanto mais integrada à teoria e a prática, mais sólida se torna a aprendizagem de Química. Ela cumpre sua verdadeira função dentro do ensino contribuindo para a construção do conhecimento químico, não de forma linear, mais transversal, ou seja, não apenas trabalha a química no cumprimento da sua sequência de conteúdo, mas interage o conteúdo com o mundo vivencial dos alunos de forma diversificada, associada à experimentação do dia a dia, aproveitando suas argumentações e indagações (RUSSEL, 1994).

## **2.2 O PAPEL DAS ATIVIDADES EXPERIMENTAIS EM QUÍMICA**

O grande desinteresse dos alunos pelo estudo da química se deve, em geral, a falta de atividades experimentais que possam relacionar a teoria e a prática. Os profissionais de ensino, por sua vez, afirmam que este problema é devido à falta de laboratório ou de equipamentos que permitam a realização de aulas práticas (QUEIROZ, 2004).

Os conhecimentos de química no ensino médio devem integrar uma estrutura funcional que permita prever ou explicar comportamentos de sistemas materiais, tanto em situações de estudo teórico como de fatos experimentais, ocorridos em laboratórios ou na vida diária. Essa estrutura de conhecimentos deve fundamentar-se em princípios e modelos simples, de aplicação mais ampla possível, para poder explicar uma grande variedade de acontecimentos experimentais com poucos esquemas teóricos satisfatórios. Isso é possível se o ensino for conduzido de forma tal que o aluno aprenda princípios baseados em conceitos muito bem elaborados, sem deixar que ele se perca, além do necessário, no estudo particular de fatos isolados. Desta forma, os fatos serão racionalmente agrupados, sendo mais fácil para o estudante, integrar e recuperar a informação por estar relacionada com princípios fundamentais que lhe servem de referência (QUEIROZ, 2004).

A experimentação pode ter um caráter indutivo e, nesse caso, o educando pode controlar variáveis e descobrir ou redescobrir relações funcionais entre elas, e pode também ter um caráter dedutivo quando eles têm a oportunidade de testar o que é dito na teoria, porém, a utilização dessas atividades bem planejadas facilita muito a compreensão da produção do conhecimento em química, podendo incluir demonstrações feitas pelo professor e experimentos, para confirmação de informações já dadas, cuja interpretação leve a elaboração de conceitos. Essas atividades são importantes na formação de elos entre as

concepções espontâneas e os conceitos científicos, propiciando aos educandos oportunidades de confirmar suas ideias ou então reestruturá-las (GIORDAN, 1999).

O experimento didático deve privilegiar o caráter investigativo, favorecendo a compreensão das relações conceituais da disciplina, permitindo que os alunos manipulem objetos e ideias e negociem significado entre si e com o professor durante a aula, tornando uma oportunidade que o sujeito tem de extrair de sua ação as consequências que lhe são próprias, e aprender com erros tanto quanto com os acertos.

Schenrtzeter (2002, p. 14) afirma:

As atividades experimentais são relevantes quando caracterizadas pelo seu papel de investigação e sua função pedagógica, em auxiliar o aluno na compreensão de fenômenos. No ensino de Química, especificamente, a experimentação deve contribuir para a compreensão de conceitos químicos, mas ainda as aulas experimentais, de uma forma geral, não necessitam ser realizadas em laboratórios com equipamentos sofisticados.

Em geral, a forma como as atividades experimentais são abordadas, deixa muito a desejar, devido a estas serem conduzidas através de roteiros que induzam apenas a comprovação de fatos.

Segundo FONSECA, (2001), o trabalho experimental deve estimular o desenvolvimento conceitual, fazendo com que os estudantes explorem, elaborem e supervisionem suas ideias, comparando-as com a ideia científica, pois só assim elas terão papel importante no desenvolvimento cognitivo. Pesquisas mostram que os estudantes desenvolvem melhor sua compreensão conceitual e aprendem mais acerca da natureza das ciências quando participam de investigações científicas, em que haja suficiente oportunidade e apoio para reflexão.

Para a realização de uma aula prática, diversos fatores precisam ser considerados: as instalações das escolas, o material e os reagentes requeridos e, principalmente, as escolhas das experiências. Estas precisam ser perfeitamente visíveis, para que possam ser observadas pelos alunos; precisam não apresentar perigo de explosão, de incêndio ou de intoxicação, para a segurança dos jovens; precisam ser atrativas para despertar o interesse dos mais indiferentes; precisam ter explicação teórica simples, para que possam ser induzidas pelos próprios alunos.

Contudo, essas atividades experimentais podem ser também em outros ambientes com características e objetivos diferentes. A utilização dessas atividades experimentais pode acrescentar pensamentos do educando, fundamentos da realidade, de experiência pessoal, em outras palavras, as atividades enriquecem e fortalece o desenvolvimento do educando.

“A experimentação prioriza o contato dos educandos com os fenômenos químicos, possibilitando ao educando a criação dos modelos que tenham sentidos para ele, a partir de suas próprias observações.” (GIORDAN, 1999, p. 43-49).

## 2.3 ETANOL NO BRASIL

O etanol vem sendo usado como combustível no Brasil desde os anos 1920, mas foi somente com o advento do Proálcool, em novembro de 1975, que seu papel ficou claramente definido em longo prazo, permitindo que o setor privado investisse maciçamente no aumento da produção. A motivação do governo para lançar o Proálcool foi o peso devastador da conta petróleo, na balança de pagamentos do país que importava na época mais de 80% do petróleo que consumia (MALDANER, 1999).

A produção anual, que estava em torno de 600 milhões de litros, aumentou rapidamente e ultrapassou a meta do programa, de 10,6 bilhões de litros anuais, em menos de dez anos. Com o aumento da produção interna de petróleo e com a queda de seus preços internacionais, o governo perdeu o interesse pelo programa, que passou a navegar à deriva. Os subsídios foram reduzidos e o etanol hidratado perdeu competitividade perante a gasolina; as obrigatoriedades do uso do anidro na mistura com a gasolina e a velha frota de carros a álcool mantiveram o programa vivo, apesar da falta de apoio do governo. Um ponto vital foi à manutenção da infraestrutura de abastecimento — o etanol estava disponível em mais de 90% dos 30 mil postos de combustível instalados no país (CARVALHO, 2006).

Em 2001 o mercado de etanol no Brasil foi totalmente desregulamentado, passando a prevalecer a livre competição entre os produtores. O governo não mais estabelecia preços nem cotas. Felizmente, em 2002 começou uma nova elevação nos preços internacionais do petróleo, e o conseqüente aumento do preço da gasolina, que trouxe de volta o interesse do consumidor pelo carro a álcool — as vendas antes não deslanchavam pelo receio que tinha a população quanto à garantia de abastecimento. Percebendo isso, as montadoras de veículos passaram a trabalhar no desenvolvimento do motor flexível ao combustível, que poderia operar com gasolina, etanol ou qualquer mistura desses dois combustíveis. O uso de gasolina ou etanol nesses veículos depende do preço relativo entre eles, considerando que a equivalência em quilometragem é de 0,7 litros de gasolina por litro de etanol (GALIAZZI, 2005).

Analisando a situação do etanol combustível hoje no Brasil, notam-se os seguintes pontos marcantes:

- O etanol representa cerca de 40% dos combustíveis para motores leves;
- Não existem subsídios para o etanol e, mesmo assim, ele consegue competir com a gasolina; os custos de produção foram reduzidos em cerca de 70% desde 1975;
- O Brasil é autosuficiente em petróleo, importando diesel e exportando outros derivados;
- Cerca de 50% da cana moída no Brasil é usada para produzir etanol;
- Há uma crescente expansão do mercado externo tanto para açúcar como para etanol, sendo difícil hoje identificar o real potencial do mercado mundial de etanol;
- O setor sucroalcooleiro está em franca expansão: existiam 320 usinas em 2001, hoje já são 360, e 120 projetos estão em vários estágios de execução (expansões e novas usinas);
- O Brasil é o maior produtor de etanol de cana no mundo, mas, em produção total, fica atrás dos Estados Unidos, que usa o milho como matéria-prima;
- A tecnologia de produção de etanol no Brasil está totalmente madura, permitindo ainda alguns ganhos de produtividade na área agrícola e pouca coisa na área industrial; existem variedades de cana geneticamente modificadas que permitiriam grandes reduções nos custos de produção, embora não possam ser utilizadas pela morosidade do processo de liberação.

Diante do que foi exposto, pode-se afirmar com muita convicção que a produção de etanol no Brasil está perfeitamente consolidada, podendo crescer ainda na substituição da gasolina caso a volatilidade dos preços do petróleo continue. Assim, o Brasil poderá vir a ser um grande exportador de etanol e gasolina.

## **2.4 OBTENÇÃO DE ETANOL A PARTIR DA CANA-DE-AÇÚCAR**

Obtém-se etanol por três maneiras gerais: por via destilatória, por via sintética e por via fermentativa. A via destilatória não tem significado econômico no Brasil, a não ser para certas regiões vinícolas, para o controle de preço de determinadas castas de vinhos de mesa. Por via sintética obtém-se o etanol a partir de hidrocarbonetos não saturados, como, o eteno e

o etino, e de gases de petróleo e da hulha. Nos países em que há grandes reservas de petróleo e uma indústria petroquímica avançada, é uma forma econômica de produzir álcool.

A via fermentativa é a maneira mais importante para a obtenção de álcool etílico no Brasil. Mesmo que venha a haver disponibilidade de derivados de petróleo que permitam a produção de álcool de síntese, a via fermentativa ainda será de grande importância para a produção de álcool. Um dos fatores que torna a produção de etanol por fermentação a forma mais econômica de sua obtenção, é o grande número de matérias primas naturais existentes em todo o país. Sua distribuição geográfica, que encerra diversos climas e tipos de solos, permite seu cultivo em quase todo o território e durante todo o ano (AQUARONE, 2001).

O etanol pode ser obtido, portanto, em processos fermentativos, a partir de três grupos de matérias-primas: sacarídeas, amiláceas e celulósicas. As sacarídeas, matérias-primas que apresentam açúcares na sua constituição, como é o caso das canas-de-açúcar, do sorgo sacarino, da beterraba e das frutas em geral, podem ser convertidas diretamente em álcool. As amiláceas (mandioca, batata-doce, cereais, etc.) precisam primeiramente serem sacrificadas por ação de enzimas. E as celulósicas (madeira, bambu, resíduos agroindustriais, etc.) também necessitam de serem convertidas a açúcares fermentáveis por ação de ácidos minerais ou enzimas.

Pela simplicidade e economia do processo, bem como pela facilidade de produção, a cana-de-açúcar assumiu no Brasil grande destaque como matéria-prima para a produção do etanol. Em tese, basta extrair-se o caldo do colmo da cana e fermentar a sacarose nele contida para obter-se o álcool. Todavia, o rendimento industrial é o aspecto mais relevante da questão, sendo influenciado pela qualidade da matéria-prima, medida pela quantidade de açúcar contido nos colmos (tipo de caule característico da cana-de-açúcar). Por sua vez, o teor de sacarose é função de uma série de fatores, destacando-se: variedade, grau de amadurecimento, regime de chuvas e práticas culturais empregadas (LÁZARO, 1981).

**A tabela 01** mostra o teor de açúcar na cana e rendimento obtido em litros de etanol por tonelada de cana-de-açúcar.

Teor de Sacarose (%)	Litros de álcool por tonelada de cana
10	51
11	57
12	62
13	67
14	72

**Fonte:** Lázaro (1981).

Em função desta significativa importância, nosso trabalho aborda bem a obtenção de etanol a partir da cana-de-açúcar, bem como a realização de uma prática experimental para o ensino médio, utilizando mandioca para a obtenção do mesmo.

## 2.5 CARACTERÍSTICAS DA CANA-DE-AÇÚCAR

A cana-de-açúcar é composta de bagaço e caldo, separados no esmigalhamento da cana que é feito através de moendas. O bagaço é constituído principalmente de fibras e pode destinar-se a uma série de aplicações. O caldo tem uma constituição que depende do solo e das condições ambientais. Sua composição média é de 78% de água e 22% de sólidos solúveis, dos quais cerca de 90% são açúcares.

**A tabela 02** apresenta dados mais detalhados de uma análise de caldo de cana.

ÁGUA	75 a 82%
SÓLIDOS SOLÚVEIS	18 a 25%
<ul style="list-style-type: none"> <li>• AÇÚCARES</li> <li style="padding-left: 20px;">- Sacarose</li> <li style="padding-left: 20px;">- Glicose</li> <li style="padding-left: 20px;">- Levulose</li> </ul>	15 a 24% 14,5 a 23,5% 0,2 a 3,0% Zero a 0,5%
<ul style="list-style-type: none"> <li>• NÃO AÇÚCARES</li> <li style="padding-left: 20px;">- Orgânico</li> <li style="padding-left: 20px;">- Cinzas</li> </ul>	1,0 a 2,5% 0,8 a 1,8% 0,2 a 0,7%

**Fonte:** Romero (2007).

## 2.6 PREPARO DA MATÉRIA-PRIMA

O rendimento industrial das destilarias é altamente influenciado pela qualidade da matéria-prima. Partindo de uma matéria-prima adequada, após a lavagem (5-10m<sup>3</sup> de água por tonelada de cana), o preparo desta para a moagem deve considerar que, sob o ponto de vista industrial, a cana-de-açúcar é constituída de:

- **Partes duras:** representam 25% em peso e contêm 15% do caldo;
- **Partes moles:** representam 75% em peso e contêm 85% do caldo;

A liberação do caldo dessas partes duras e moles é função de sua proporção na matéria-prima, da natureza e do estado de apresentação destas. Para que o caldo seja mais facilmente extraído da cana-de-açúcar, é necessário desintegrar essa matéria prima ao máximo, de tal forma que se possa também extrair o máximo desse líquido, tanto pelo processo de moagem como pelo da difusão.

Todas as vezes que a proporção da fibra cresce na cana-de-açúcar, a extração do caldo decresce. Daí a necessidade do aperfeiçoamento da preparação da matéria prima. Os principais objetivos do preparo da cana de açúcar são os seguintes:

- Destruição da resistência das partes duras (casca e nós);
- Rompimento dos vasos celulares;
- Produção de uma massa fibrosa homogênea e compacta, de alta densidade, de forma a facilitar o trabalho das moendas e aumentar a sua eficiência extrativa.

As vantagens do preparo da cana-de-açúcar são:

- Aumento da eficiência das moendas, em termos de capacidade de moagem e de extração;
- Permite aumentar a velocidade das moendas;
- Melhora a uniformidade da alimentação da primeira unidade esmagadora;
- Permite a utilização de menores pressões hidráulicas;
- Permite melhorar as condições absorptivas do bagaço;
- Proporciona um menor desgaste das moendas;

Na prática açucareira e alcooleira, o preparo da cana-de-açúcar é feito por facas rotativas, desfibradores e a moagem, através das moendas, constituídas de conjuntos de cilindros justapostos, denominados *trens* ou *tandens*, podendo ser adicionados por máquinas a vapor ou eletricidade. Cada conjunto de três cilindros é conhecido como “terno”. Esses rolos têm por objetivo esmagar a cana e são frisados a fim de aumentar a extração do caldo.

## 2.7 TRATAMENTO DO CALDO

O tratamento do caldo consiste em prepará-lo de modo a transformá-lo em um líquido açucarado apto ou suscetível a sofrer fermentação alcoólica, passando, então, a ser denominado mosto, que será tanto melhor fermentável quanto melhor ajustados estiverem alguns parâmetros promotores da fermentação. Dentre esses, destacam-se:

- a) **Aquecimento** – o objetivo deste é clarificar o caldo através da precipitação de colóides que, aumentando a viscosidade do caldo, provocam grande formação de espuma, impedindo o fluxo de CO<sub>2</sub> (formado durante a fermentação) e obrigando a preencher a dorna com um volume menor para evitar transbordamento. Além disso, o aquecimento elimina algumas bactérias contaminantes, esterilizando o caldo. Por outro lado, já que o

processo fermentativo é exotérmico, o aquecimento torna-se um problema. Para contorná-lo, após um aquecimento até 100°C, faz-se um resfriamento a 30°C, temperatura ideal para a fermentação.

- b) **pH** – o pH da cana madura varia de 5,2 a 5,5, valor inferior ao ponto isoelétrico de colóides que não tenham sido precipitados, mesmo após o aquecimento. Para atingir esse ponto e intensificar a precipitação, costuma-se adicionar leite de cal ao caldo, a fim de elevar o pH para cerca de 6,5. O caldo é deixado em repouso para total precipitação e as impurezas, chamadas de lodo ou borra, são decantadas e removidas através de filtração a vácuo; como são substâncias gelatinosas, torna-se necessário misturá-las com bagacinho para evitar o entupimento do filtro. Dessa maneira, recupera-se o caldo que embebia o lodo e a mistura de lodo mais bagacinho, chamada de torta, que é utilizada nos canaviais como adubo, pois é rica em fósforo ( $P_2O_5$ ), nitrogênio e potássio.
- c) **Concentração de açúcares** – o caldo, ainda quente, depois de decantado e filtrado, é transferido para os evaporadores, que tem por objetivo aumentar a concentração de sólidos solúveis por evaporação da água.
- d) **Elementos nutrientes** – estes são necessários para permitir uma boa atividade das leveduras, pois são vitais a estas. Os elementos essenciais são, normalmente, adicionados sob a forma de sais minerais, destacando-se o nitrogênio, fósforo e potássio. O fósforo é importante na produção alcoólica, pois participa diretamente do ciclo fermentativo; já o nitrogênio é fundamental para o crescimento celular, enquanto que o potássio, que deve ser adicionado em pequenas quantidades para não reverter seu efeito, é também responsável pela multiplicação das leveduras e absorção do íon fosfato. Outros elementos também são importantes para a atividade fermentativa das leveduras. Manganês e magnésio atuam como ativadores enzimáticos. Em pequenas quantidades, são igualmente necessários, ferro, zinco e enxofre.
- e) **Vitaminas** – hoje em dia são poucas as destilarias que as empregam, apesar de aumentarem a velocidade da fermentação. As vitaminas que se sobressaem são as do complexo B.

- f) **Outros** – a ausência quase total de luz facilita a multiplicação das células, enquanto que a ausência de oxigênio é fundamental para a fermentação alcoólica. Se há agitação do meio, há uma maior interação entre levedura e mosto; geralmente, não há necessidade de agitação mecânica, pois a própria turbulência do mosto em fermentação é suficiente para aumentar o contato das leveduras com aquele. Também devem ser eliminados elementos tóxicos como, cobre, cádmio, prata, ósmio, mercúrio e paládio, que inibem o desenvolvimento das leveduras.

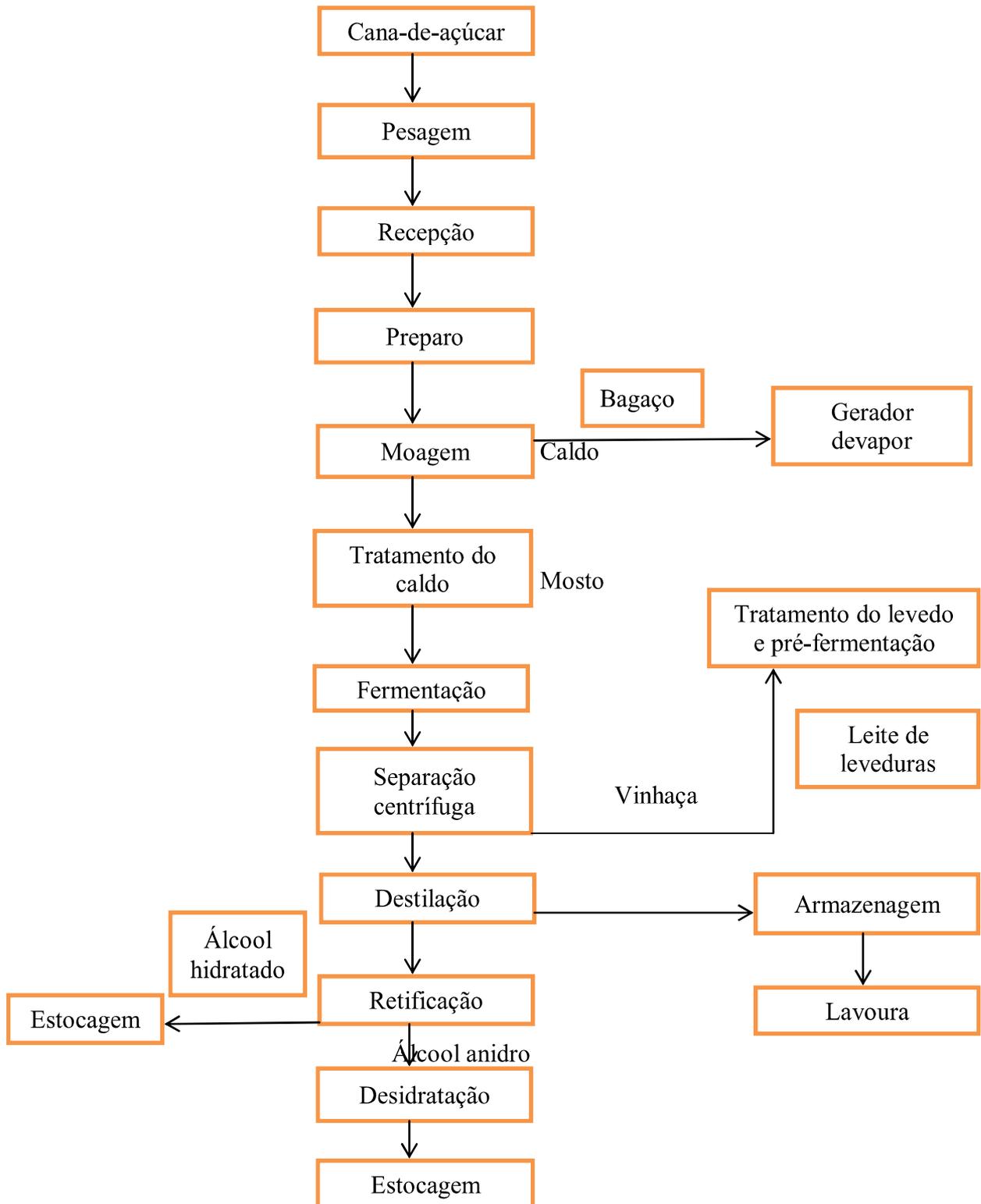
## 2.8 FERMENTAÇÃO

A etapa de fermentação começa com a adição fermento ao mosto, até completar o volume da dorna, podendo ser realizada adicionando-se todo o levedo de uma só vez, intermitentemente ou em filete contínuo. O método recomendado é o de filete contínuo, pois permite que a densidade do mosto em formatação se mantenha constante durante o período de enchimento da dorna. As principais fases da fermentação são:

- a) **Preparo do fermento** – o objetivo do preparo do fermento é o de evitar uma fermentação irregular e de baixo rendimento, o que aconteceria caso o mosto simplesmente entrasse em contato com micro-organismos. Para o sucesso da fermentação, é indispensável que se adicione ao mosto um volume de micro-organismos chamados de “levedo”, “pé-de-cuba” ou “fermento”, de tal maneira que haja um bom desempenho do processo, já que esse é uma função da qualidade do fermento utilizado. Os fermentos mais utilizados são o prensado e o selecionado. O fermento prensado é um agregado de células de *Saccharomyces cerevisiae* e pode ser empregado em qualquer tipo de destilaria, sendo, por isso, o de maior uso. O seu preparo consiste em adicionar diretamente à dorna 2,0 a 2,5g de fermento por litro de mosto diluído aquecido a 30°C. O objetivo de se usar mosto diluído é para que se obtenha um bom crescimento celular. A seguir, coloca-se o mesmo volume de mosto aquecido até alcançar o volume final da dorna. Corta-se então para outra dorna e assim sucessivamente. Quanto ao fermento selecionado, que é constituído de células de *Saccharomyces uvarum*, tem as vantagens de apresentar tolerância a maiores concentrações de açúcar e de álcool, e a maiores temperaturas, o que resulta em maiores rendimentos.

- b) **Pré-fermentação** – esta fase caracteriza-se por não apresentar praticamente produção de etanol. É uma etapa em que há multiplicação das leveduras, com pequena elevação de temperatura. Verificou-se, experimentalmente, que a pré-fermentação termina quando começa o desprendimento de CO<sub>2</sub>, característico da fermentação alcoólica. É interessante notar que o tempo da pré-fermentação deve ser minimizado, na medida em que esta é uma etapa que consome açúcar sem produzir etanol. Tal fato é conseguido através de um bom preparo do caldo e do fermento.
- c) **Fermentação principal** – nesta etapa começa a formação da espuma devido ao desprendimento de CO<sub>2</sub>, seguido de uma rápida elevação de temperatura, a qual deve ser controlada para evitar perda de rendimento, tornando-se necessário resfriar a dorna. O acompanhamento desta etapa é feito pela queda gradual da densidade do mosto e subsequente aumento do teor alcoólico e da acidez.
- d) **Pós-fermentação** – nesta etapa a fermentação se completa. Caracteriza-se pela diminuição de temperatura até a temperatura ambiente e pela elevação do pH, assim como pela estagnação do meio reacional. A duração desta fase também deve ser a menor possível, para que não haja ataques de micro-organismos prejudiciais ao produto que se quer obter (vinho, por exemplo). Ao final dessa etapa, seguida de uma decantação, o produto está pronto para ser destilado.
- e) **Destilação** – a finalidade da destilação é separar misturas binárias ou múltiplas em seus elementos componentes, a fim de obter cada um deles com um alto grau de pureza. A destilação baseia-se no fracionamento de líquidos voláteis com diferentes pontos de ebulição.

## 2.9 FLUXOGRAMA DO PROCESSO



**Fluxograma 01:** mostra o processo de produção do etanol a partir da cana-de-açúcar.

**Fonte:** Tolmasquim (2007).

### **3 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

#### **3.1 PARTE EXPERIMENTAL**

A parte experimental deste trabalho consiste nos seguintes eventos:

- Realização de uma aula teórica na turma do 2º médio da Escola Estadual do Ensino Fundamental e Médio José Américo de Almeida, em São José de Espinharas;
- Reunião da turma e ensinamentos de como se comportar em um laboratório;
- Por fim, explicá-los como seria a prática da obtenção de etanol a partir de amido de mandioca, já que a escola não possuía materiais necessários para a realização desta prática.

#### **3.2 PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS**

Neste trabalho, o etanol foi obtido do amido de mandioca. As amostras referentes às raízes de mandioca foram adquiridas em feira livre na Cidade de Patos-PB.

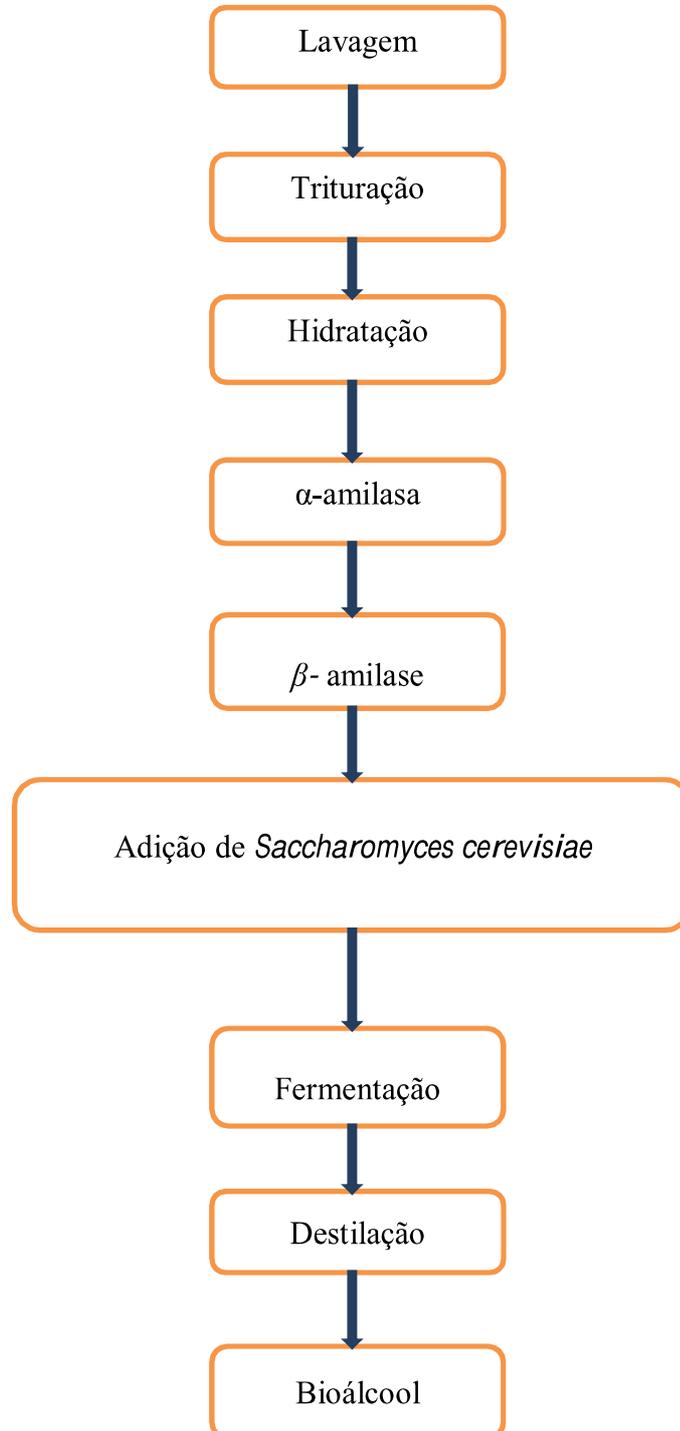
#### **3.3 OBTENÇÃO DO ETANOL DE AMIDO DE MANDIOCA**

O bioálcool do qual se trata esta prática, seria obtido caso a escola possuísse equipamentos necessários, a partir de amido de mandioca devido maior facilidade em relação à cana-de-açúcar. O modelo desta prática foi passado para os discentes em uma aula de química orgânica, na série do 2º ano médio, no laboratório de ciências da Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio, José Américo de Almeida, em São José de Espinharas. Para tal aula estavam presentes em sala aproximadamente 33 alunos, onde a maior parte deles se

mostraram curiosos e investigativos a tirarem dúvidas sobre o que estava sendo-lhes passado, que era justamente a teoria de obtenção do etanol a partir de amido de mandioca. A seguir estão os procedimentos do modelo da referida prática.

O processo de produção do bioálcool a partir de matéria-prima amiláceas, mandioca utilizando levedura *Saccharomyces cerevisiae* e enzima amiloglicosidase, envolvem as etapas operacionais mostradas no fluxograma abaixo.

### 3.4 BIOÁLCOOL DE AMIDO DE MANDIOCA



**Fluxograma 02.** Processo de obtenção do bioálcool de mandioca.

**Fonte:** Pereira (1985).

A transformação do amido de mandioca em bioálcool é obtida a partir de três bateladas, sendo que em cada batelada são utilizados 1,5 Kg de raízes, essas raízes são lavadas e transformadas em uma massa ralada, essa massa é transferida para um misturador de aço inox e diluída com água potável na proporção de massa ralada/água 1/ 1,8. A seguir submete-se a mistura a temperatura de 70°C sob agitação, adicionando a enzima  $\alpha$ -amilase na proporção de 2ml/Kg de mandioca, em seguida aumenta-se a temperatura para 90°C e mantém a agitação por 2 horas para a gelatinização do meio. Utilizando HCl para a etapa de sacarificação adiciona-se a enzima AMG (Glucoamilase) a 60°C, onde se mantém a mesma temperatura por 2 horas, logo a seguir o meio é transferido para uma dorna de resfriamento até atingir a temperatura ideal para o processo fermentativo. Mede-se o °Brix e adiciona-se água ao mosto até atingir 14°Brix. Em seqüência o mosto é inoculado com fermento de panificação seco (*Saccharomyces cerevisiae*). É utilizada uma dorna de aço inox para a fermentação que dura em média 30 horas. A etapa seguinte consiste em transferir o meio fermentado para o sistema de destilação, para separação do bioálcool e do vinhoto. Em seguida, são realizadas as caracterizações físicas-químicas do Bioálcool, finalizando assim a prática.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir deste trabalho, pôde-se observar que os discentes tratam as aulas experimentais com importância e caráter investigativo, através de críticas e perguntas a respeito do que está sendo investigado. A dificuldade dos alunos em compreender conteúdos das ciências exatas, principalmente Química, pode ser minimizada através da utilização de aulas experimentais, que os auxiliam na compreensão dos temas abordados e em suas aplicações no cotidiano, haja vista que proporcionam uma relação entre teoria e prática, ou seja, pode realmente ser comprovado tudo aquilo que seu orientador passa, do ponto de vista teórico do conteúdo estudado.

O modelo de prática apresentado para esta turma do 2º ano médio trouxe aos alunos maior curiosidade e familiarização a respeito do tema, que é a obtenção de etanol, em especial da cana-de-açúcar, bem como algumas de suas características, abordando também o importante avanço da produção tecnológica de etanol de cana-de-açúcar no Brasil. Além do mais eles puderam conviver com o lado mais importante da química, que é a realização de atividades experimentais voltadas para a investigação do que está sendo teoricamente estudado.

Quanto à utilização de aulas experimentais, ao desenvolver atividades práticas em sala de aula, esta deve ser desenvolvida em curto intervalo de tempo, para melhor rendimento, observando também o comportamento dos alunos no laboratório, já que este apresenta algumas substâncias tóxicas e de risco para os mesmos.

Diante do exposto, fazem-se necessários estudos com ênfase maior na questão metodológica e viabilização de atividades experimentais em sala de aula. Para melhoria do ensino e aprendizagem, levando os educandos a conhecerem a própria natureza que os cercam, e sendo assim, aprender do modo mais objetivo a ciência experimental química.

## ABSTRACT

This study aims to show the connection between theory and practice in teaching chemistry, addressing the importance of experimentation approaches seen in the chemistry classroom of students' daily lives, making the lessons more dynamic. For this proof, he shows a theoretical study that the students of 2nd year middle school José Américo de Almeida in San José de Espinharas made on the production of ethanol from cassava starch, where he studied what in fact obtaining the same using cassava instead of cane sugar, as the laboratory school that had few materials to carry out this practice. That made it quite clear how important the teaching of chemistry coupled with the practice of experimentation, developing in students the ability to understand chemical phenomena present in their daily lives.

**Keywords:** teaching of chemistry, experimental activities, production of ethanol from cassava starch.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, W. F. **A formação de professores e as teorias do saber docente: contexto, dúvidas e desafios.** Revista Educação e Pesquisa, São Paulo, v. 33, n. 2, p. 263-280. Maio/ago. 2007.

AMARAL, L. **Trabalhos práticos de química.** São Paulo, 1996.

AQUARONE, Eugênio. **Biotecnologia industrial: processos fermentativos e enzimáticos.** 1 ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher LTDA, 2001. 593p. 4v. V.3, p. 1-39.

CARVALHO, E. P. **Formulação de uma estratégia para garantir o aumento da produção.** In: seminário “uma estratégia para o etanol brasileiro”. Rio de Janeiro: Casa do Brasil, nov. 2006.

FONSECA, M.R.M. **Completamente química: química geral,** São Paulo, 2001.

GIORDAN, M. **Opapel da experimentação no ensino de ciências.** *Química Nova na Escola*, n. 10, p. 43-49, 1999.

GALIAZZI, M. C. *Química Nova na Escola*, 2005.

LÁZARO, Átila et al. **Projeto técnico de produção de álcool etílico a partir da cana-de-açúcar.** Porto Alegre: PUCRS, 1981.

MALDANER, O. A.; *Química Nova* 1999, 22, 289.

PEREIRA, Plínio Edgar. **A produção de álcool no Rio Grande do Sul.** Governo do Estado do Rio Grande do Sul, Secretaria da Indústria e Comércio, 1985.

QUEIROZ, S. L. **Dofazer ao compreender ciências: reflexões sobre o aprendizado de alunos de iniciação científica em química.** *Ciência & Educação*, Bauru, v. 10, n. 1, 2004.

ROMERO, Thiago. Metas para o etanol. **Boletim FAPESP**, São Paulo: Agência FAPESP, 19 mar. 2007. Disponível em: <<http://www.agencia.fapesp.br/>>, acesso em: 15 de outubro de 2011.

RUSSELL, J.B. **Química Geral.** 2. Ed. São Paulo, 1994.

SCHENRTZETER, R. P. **A Pesquisa em Ensino de Química no Brasil: Conquistas e Perspectivas.** *Química Nova*, v. 25, s. 1, p. 14, 2002.

TOLMASQUIM, Maurício. **Plano Nacional de Energia 2030.** Brasília: MME; EPE, 2007. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/>>, acesso em: 03 de setembro de 2011.

