

## PRODUÇÃO DE ÁLCOOL ETÍLICO A PARTIR DE MATÉRIA ORGÂNICA DESCARTADA

**Autores:** Maria, Alexandre de Aguiar (alexandreaguiarmaria@gmail.com); Moraes, Bruno Eiti (brunoeimorais@gmail.com); Voltan, Gabriel Alves; Araújo, João Victor de Oliveira (jajao2001@gmail.com); Vilela, Rhuane Luiz (rhuanevilela2018@gmail.com).

**Orientadoras:** Matias, Alexandra Maria Monteiro de Souza (alexandra.matias@etep.com.br); Onaga, Helena (etep.coordenacao@gmail.com); Cunha, Edna Gomes Lopes da (ednacunha46@gmail.com); Hoelscher, Fernanda (fernanda.hoelscher@solvay.com); Maziero, Priscila (priscila.maziero@solvay.com).

**Escola:** ETEP - Escola Técnica de Paulínia

**Cidade:** Paulínia

---

### RESUMO

Neste trabalho a produção de etanol de arroz cozido usou a premissa da quebra do amido presente no arroz em monossacarídeos simples, com um processo de hidrólise ácida em aquecimento na temperatura de esterilização (150° C/302° F) com ácido sulfúrico, que seriam consumidos pela *Saccharomyces cerevisiae*, ocasionando a fermentação alcoólica. O pH foi aumentado com a utilização de hidróxido de sódio. A presença do álcool seria analisada em HPLC. Foi observada dificuldade na quebra de amido e na esterilização da matéria. As quantidades de ácido e bases a ser adicionadas foram calculadas por estequiometria e cálculo de pH. Concluímos que a esterilização da matéria, reagentes e equipamentos é de suma importância e que a quebra das ligações poliméricas exige grande quantidade energética.

Palavras chave: Etanol, Química verde, Reciclagem.

### ABSTRACT

In this work the cooked rice ethanol production used the starch breakdown in simple monosaccharides premise, with an acid hydrolysis on heating (150° C/302° F) with sulfuric acid, which would be consumed by the *Saccharomyces cerevisiae*, causing the alcoholic fermentation. The pH was increased by the utilization of sodium hydroxide. The presence of alcohol would be analyzed in HPLC. Difficulty breaking starch and sterilization was observed. The acid and bases amounts were calculated by stoichiometry and pH calculations. We concluded that the sterilization of mater, reagents and equipment is of paramount importance and that breaking polymers bonds requires a great deal of energy.

Keywords: Ethanol, Green chemistry, Recycle.

### INTRODUÇÃO TEÓRICA

O processo de fermentação alcoólica, utilizado neste trabalho, é um processo biológico que existe a milhares de anos, o pão, a cerveja e o vinho são alguns dos produtos da utilização deste processo.

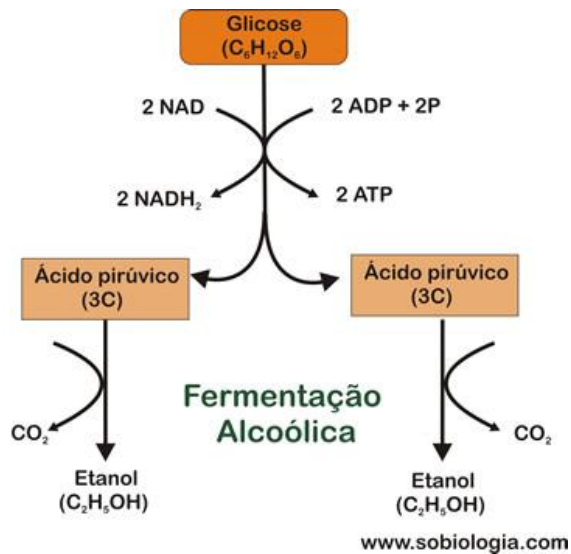
Esta técnica consiste na conversão de açúcares fermentáveis, como sacarose, glicose e frutose em

energia celular (havendo liberação de ATP) e ácido pirúvico, sendo este, posteriormente convertido em álcool e CO<sub>2</sub>, responsável pela carbonatação da cerveja e do champanhe:

Como se pode observar, este é um processo anaeróbico, ou seja, é feito sem a utilização de oxigênio. A fermentação alcoólica (**Figura 1.**) ocorre em duas etapas;

a glicólise, onde são formadas duas moléculas de NADH<sub>2</sub>. Como não há oxigênio para receber o hidrogênio presente no NADH<sub>2</sub>, o hidrogênio será recolocado nas moléculas de piruvato. Assim, as moléculas de NADH<sub>2</sub> podem voltar a ser NAD<sup>+</sup> para entrarem em um novo processo de glicólise; a segunda parte é a própria fermentação, em que o ácido é convertido em etanol, com a liberação de CO<sub>2</sub>.

Para que haja fermentação, é fundamental que haja açúcares fermentáveis e leveduras para consumirem estes, tudo ocorrendo em pH em torno de 5,5, o produto final do processo é definido pela levedura, que no caso da produção de etanol, é a *Saccharomyces cerevisiae*.

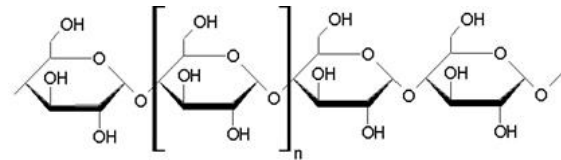


**Figura 1.** Fermentação alcoólica.

Os açúcares fermentáveis, no caso desse trabalho, são advindos do amido presente no arroz, que tem de passar por um processo de hidrólise para ter suas ligações poliméricas quebradas. O amido é considerado um polímero natural, pois ele é um polissacarídeo, ou seja, é um carboidrato formado pela união sucessiva de várias moléculas de α-glicose (**Figura 2.**). Na realidade, ele é formado por dois polissacarídeos, amilose e amilopectina, que são constituídos de moléculas de α-glicose, mas são ligeiramente diferentes.

A amilose corresponde a um polímero de cadeia normal com mais de 1000 moléculas de α-glicose unidas por meio de uma ligação α-1,4'-glicosídica e está presente na

proporção de 20 a 30%. Já a amilopectina é constituída por cadeias longas e muito ramificadas de unidades de α-glicose unidas entre a ligação α-1,4'-glicosídica.



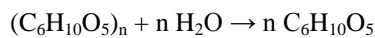
(<https://brasilecola.uol.com.br/quimica/amido.htm>)

**Figura 2.** Composição da molécula de amido.

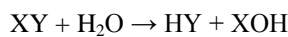
O amido é a principal fonte de armazenamento de energia nas plantas e, por isso, está presente em raízes, frutos, tubérculos e sementes. Entre as principais fontes de amido na alimentação estão batatas, ervilhas, feijões, arroz, milho e farinha.

O processo de hidrólise do amido se dá pelo desdobramento total das moléculas de amilose e amilopectina, que ao se romperem se transformam em dextrinas cada vez mais simples e finalmente em glicose, esse processo tem maior eficiência na presença de ácidos fortes capazes de quebrar as ligações presentes na molécula. A composição do amido depende de vários fatores, como climáticos e estocagem, que podem resultar na quantidade final do açúcar produzido durante a hidrólise.

A hidrólise do amido na presença de ácido origina a glicose:



A hidrólise é uma reação química em meio aquoso, em que a água sofre dupla decomposição em um composto: um hidrogênio da molécula de água é transferido para um dos produtos, e o grupo OH é transferido para o outro produto.



Para que isso ocorra, são necessárias também temperatura elevadas. Além disso, para aumentar a velocidade deve-se utilizar um catalisador, sendo que os mais importantes são ácidos, enzimas e álcalis.

A hidrólise ácida ocorre na presença de um ácido mineral em solução aquosa, podendo ser diluída ou concentrada. Os principais ácidos utilizados são o ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) e o ácido clorídrico (HCl), porém podem ser utilizados também em alguns casos o ácido nítrico ( $HNO_3$ ) e fosfórico ( $H_3PO_4$ ). Dentre as aplicações da hidrólise ácida estão às reações que envolvem ésteres, amidas e açúcares.

Em escala industrial, a análise de obtenção do álcool é geralmente feita por HPLC (**Figura 3.**).

O HPLC (*do inglês, High performance liquid chromatography*), é um método de separação de compostos químicos de uma solução, cuja a finalidade é identificar e quantificar cada componente da mistura. Podendo assim ser utilizado para misturas azeotrópicas, cujo ponto de ebulição não se altera, permanece o mesmo que o vapor em equilíbrio com a mesma, sendo impossível separar seus componentes por destilação, por exemplo. O princípio de funcionamento do HPLC é a utilização de um solvente líquido (fase móvel), que é transportado continuamente com auxílio de bomba até a coluna cromatográfica (fase estacionária). Através de um sistema de injeção automático, a amostra é inserida neste sistema. As diferentes interações entre as moléculas presentes na amostra e a fase estacionária faz com que estas tenham tempo de retenção distinta no sistema.



**Figura 3.** Cromatógrafo HPLC 1260 QP-VL.

Após passar pela coluna, vai para o detector, onde é feita a identificação dos constituintes. Os detectores mais utilizados são os de UV-visível, isso porque apresentam um custo mais baixo, aceitam o uso de gradiente e

geralmente não são afetados por pequenas mudanças de fluxo e temperatura decorrentes durante o processo. Consiste em um espectrofotômetro que mede a absorção de luz dos compostos, em certo comprimento de onda, compreendido entre as regiões visível e ultravioleta do espectro eletromagnético.

## METODOLOGIA

A pesquisa realizada neste projeto tem como foco a produção sustentável, barateada e lucrativa. Isto porque durante o procedimento, utiliza-se resto de alimentos como base para a obtenção de matéria-prima (açúcares) e mesmo o resíduo gerado pode ser reaproveitado para a produção de fertilizantes, fazendo-nos seguir o caminho da quebra do amido para obtenção de açúcares, cuja quebra produziria, por fermentação alcoólica, o etanol, analisado em HPLC.

Este projeto pode ser definido como qualitativo e quantitativo, pois a intenção é haver a produção de álcool de maneira viável, logo, se a quantidade de álcool e fertilizantes não for expressiva em escala industrial, deve-se continuar as pesquisas para melhorar o projeto, a fim de obter valores próximos a 100% durante as etapas do procedimento.

## MATERIAIS

Kitassato de 1L;

Chapa de agitação e aquecimento (Agitador magnético/Chapa de aquecimento);

Liquidificador;

Mangueira de silicone;

Gaze;

Algodão;

Barra magnética;

HPLC 1260 QP-VL;

Béquer de 1,8 L;

Filme plástico.

Água destilada;

## REAGENTES

100g de arroz cozido;  
1 tablete (15g) de fermento biológico;  
15,3 mL de solução de  $H_2SO_4$  4 M;  
6,5 mL de solução de NaOH 19 M;  
 $Ba(OH)_2$  Saturada.

### PROCEDIMENTOS

1. Ferveu-se mangueira por 30 minutos para esterilização;
2. Montou-se, dentro da capela, um sistema com o kitassato de 1L, mangueira de silicone, chapa de aquecimento e agitação magnética. Na extremidade livre da mangueira colocou-se algodão para evitar/diminuir entrada de ar;
3. Pesou-se 100 g de arroz em uma balança analítica, triturou-se o arroz cozido no liquidificador, adicionou-se 500 ml de água destilada e transferiu-se para o sistema;
4. Ligou-se a chapa/ agitador a  $150^\circ C$  e adicionou-se 15,3 ml do ácido sulfúrico 4M;
5. Tampou-se o kitassato com gaze e algodão com delicadeza para evitar pressão excessiva;
6. Deixou-se ferver durante 1 hora. Conforme o aquecimento, completou-se o volume de água perdido com água destilada;
7. Ao terminar, esperou-se esfriar e corrigiu-se o pH para 5,5 com solução de NaOH
8. Retirou-se o algodão da extremidade livre da mangueira, limpando-a com álcool etílico e, após secar, colocou-a em um béquer com 200 ml de uma solução de  $Ba(OH)_2$  saturada;
9. Deixou-se a temperatura do meio em  $32^\circ C$ ;
10. Destampou-se o kitassato e adicionou-se a levedura, aquecendo o “gargalo” do kitassato com auxílio de um bico de Bunsen;
11. Selou-se a tampa do kitassato com algodão, gaze e fita adesiva;
12. Deixou-se fermentar durante três dias a  $32^\circ C$ ;

13. Após o término da fermentação, averiguou-se a presença de álcool através de HPLC.

Observação: Garantir que suas mãos e luvas estejam sempre limpas com etanol.

### RESULTADOS OBTIDOS

Foram realizados diversos experimentos, todos com resultados insatisfatório-inconclusivos, seguem os experimentos:

#### Experimento 1:

Devido à baixa quantidade de água, relativamente à massa total da amostra, adicionada à solução, esta apresentou alta viscosidade, prejudicando o aquecimento.



**Figura 4.** Solução viscosa.

Durante a etapa de fermentação, desenvolveu-se uma colônia de fungos desconhecida sobre a amostra, posteriormente tratada com Hipoclorito de Sódio e descartada, seguindo normas de segurança, impedindo a continuidade do experimento.

#### Experimento 2:

Houve uma diminuição na viscosidade da solução, melhorando o processo de aquecimento para esterilização da amostra.

Também durante a etapa de fermentação, observou-se refluxo da solução de água de barita para dentro do kitassato, devido à diminuição da pressão interna no sistema, impedindo a continuidade do experimento.

**Experimento 3:**

Foi observada uma viscosidade adequada devido à proporção da água para a massa de arroz.

Durante a fermentação, foram observados, concomitantemente, os dois problemas apresentados acima, impedindo a continuidade do experimento com uma das amostras.



**Figura 5.** Colônia de fungo e refluxo de água de barita em amostras menos viscosas.

**Experimento 4:**

O processo de destilação foi aplicado, porém sem êxito, na amostra restante do experimento 3, não tendo sido possível identificar se na mesma havia etanol, pois a temperatura na destilação passou direto para os 100° C, sem parar em torno dos 78° C, que é o ponto de ebulição do etanol.

**Experimento 5:**

Durante a neutralização da amostra, houve uma grande liberação de calor e conseqüente derramamento da amostra na capela, impedindo a continuidade do experimento.

**DISCUSSÃO DOS RESULTADOS**

Ao decorrer do trabalho foram observados diversos problemas a serem resolvidos, como por exemplo:

- Como seria efetuada a quebra das ligações poliméricas das moléculas de amido presentes no arroz.
- A quantidade de matéria a ser utilizada.
- A quantidade de água a ser adicionada.

- O tempo e temperatura de esterilização da amostra.
- O tempo de fermentação da amostra.
- Como ser analisada a quantidade de álcool produzido.

Após pesquisas definimos que o mais eficiente seria utilizar o método de hidrólise ácida para quebra do amido, adicionando 600 ml de água para 100 g de arroz, pois assim evitaria uma alta viscosidade da amostra, a fermentação deveria durar de 3 a 5 dias para posterior destilação para a análise quantitativa do álcool produzido.

Com o apoio das profissionais da empresa Rhodia Solvay Group, Fernanda Hoelscher e Priscila Maziero, decidimos que a esterilização deveria ocorrer a uma temperatura de 150° C durante uma hora.

Conforme fomos conseguindo respostas a essas questões, as dúvidas tomaram bifurcações, originando outras perguntas, como:

- Qual o ácido a ser utilizado e sua concentração?
- A levedura sobreviveria em um meio de pH ácido?
- Caso o pH fosse neutralizado, as leveduras sobreviveriam ao meio salino criado pelas reações de neutralização?
- As moléculas dos monossacarídeos providas pela quebra do amido estariam em solução ou nos sólidos do arroz triturado?

Foi descoberto que as moléculas estariam em solução, mas as leveduras não sobreviveriam a um meio ácido muito forte, sendo seu pH ideal de 5,2, além que se houvesse excesso de concentração salina na solução as leveduras morreriam devido à ação osmótica, ou seja, se houvesse muita concentração de sais, a água presente nas leveduras sairiam delas e iriam para a solução, matando-as desidratadas.

O ácido sulfúrico é mais adequado, pois os íons cloro do ácido clorídrico oxidam as leveduras, prejudicando o processo, por isso HCl 1,2 M foi substituído pelo H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

4 M, pois a porcentagem total de ácido era muito baixa com menos de um ml de ácido clorídrico. A quantidade de ácido sulfúrico a ser utilizada foi definida a partir dos cálculos demonstrados.

Para a neutralização do excedente ácido na amostra foi decidido uma solução de hidróxido de sódio 19 M, que pelos cálculos apresentados foi definido seis ml da mesma.

A neutralização deve ser feita de forma que a solução esteja esterilizada, então a solução foi adicionada durante o aquecimento, porém reações de neutralizações são exotérmicas, juntando isso com a temperatura elevada da solução, a amostra acabou vazando após expansão de volume pela liberação de energia.

Durante os aquecimentos de esterilização houve problemas sobre a agitação, o que nos levou à agitação magnética com a barra magnética para homogeneização do aquecimento. Há a necessidade de retardar a perda de água da amostra colocando uma gaze com algodão na boca do kitassato, sem vedá-lo para não aumentar a pressão interna, repondo a água perdida durante o processo para não aumentar a concentração.

Não houve nenhuma confirmação da presença de produção de álcool em nenhuma amostra, pois mesmo com a formação de precipitado na água de barita o gás carbônico poderia ter sido provido de outras reações sem ser a fermentação alcoólica. Os refluxos de hidróxido de bário podem ter sido ocasionados pela contaminação de outros microrganismos que consumiram oxigênio, diminuindo assim a pressão, ou pela reprodução inicial de *Saccharomyces cerevisiae*, consumindo do mesmo jeito o oxigênio.

Durante um processo de destilação não houve separação do álcool e do mosto, talvez por não tiver álcool pela morte das leveduras que não encontraram alimento por que a quantidade de ácido adicionada foi pequena, o pH estivesse baixo demais, ou não havia oxigênio suficiente para reprodução, mas poderia ter sido a porcentagem total de álcool a ser produzido em relação ao volume

total da amostra, sendo 7,10%, como demonstrado nos cálculos, gerando assim uma mistura azeotrópica, tendo de ser analisada em HPLC e não com uma destilação.

A pesquisa ainda está em andamento, durante a sequência das práticas aplicaremos as medidas de segurança sobre contaminações e os valores citados, porém durante a neutralização não adicionaremos todo volume direto, dando intervalos na adição para tentar evitar a expansão volumétrica.

## CONCLUSÃO

Contudo verificou-se a importância da preocupação com contaminações quando se trabalha com microbiologia, já que as mesmas podem acabar com os resultados de uma amostra.

Além da esterilização a ambientação adequada para o microrganismo em questão é de suma importância para sua eficiência, tendo de analisar o pH e a temperatura, por exemplo, para adequar esses valores ao requisitado pela levedura com que trabalhamos.

O planejamento prévio do procedimento é essencial, tendo de pensar em cada etapa em detalhes, como por exemplo, o caso da expansão volumétrica na reação de neutralização em aquecimento, que poderia ter sido evitada, a porcentagem de ácido sulfúrico a ser adicionada para quebra do amido e o cálculo da porcentagem de álcool na amostra para evitar ter de fazer uma destilação.

Quando trabalhando com microrganismos cada passo é fundamental, pois se houver qualquer contaminação, variável prejudicial ou contratempo sua amostra pode ser arruinada.

A produção do álcool através desse processo é quimicamente possível, apesar de complexo, esperamos então conseguir confirmar a presença do etanol em análise HPLC com as futuras amostras, seguindo o procedimento citado, tomando os devidos cuidados e medidas em relação aos erros anteriores.

## AGRADECIMENTOS

Aos nossos pais, por terem nos criado, instruído e inspirado a continuar sempre em frente.

Aos nossos professores, tanto da escola fundamental quanto do ensino médio, por terem nos passado conhecimento e ajudado em nossa formação.

Aos nossos amigos, Felipe Ferreira Paiola, Lídia Mara dos Santos, João Felipe Fonseca, Amanda Antunes de Oliveira, Pablo Soares, entre outros, por nos apoiarem e ajudarem em nossos caminhos.

À empresa Rhodia Solvay Group por ajudar e guiar no projeto.

À E.T.E.P por nos ensinar e nos dar o local de trabalho para o desenvolvimento da pesquisa.

A todos os cientistas passados por terem alcançado seus feitos e trazido o conhecimento atual até aqui.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

UNIVERSOAGRO. **Etanol de arroz poderá mudar o cenário dos biocombustíveis no Rio Grande do Sul.**

Disponível em: <http://www.uagro.com.br/editorias/agroenergia/2014/04/14/etanol-de-arroz-podera-mudar-o-cenario-dos-biocombustivel-no-rio-grande-do-sul.html>. Acessado em: 26/10/2018

SILVA, Brunno. **TEOR DE GLICOSE E AMIDO EM TUBÉRCULOS DE BATATA INGLESA (*Solanum***

**tuberosum L.)**. Disponível em: <http://www.eventosufrpe.com.br/2013/cd/resumos/R1073-3.pdf>. Acessado em: 26/10/2018

RIZZOLO, Joana. **ESTUDOS PARA O APROVEITAMENTO BIOTECNOLÓGICO DE VARIEDADES DE BATATA-DOCE [*Ipomoea batatas* (L.) Lam] NA FERMENTAÇÃO ALCOÓLICA PARA A PRODUÇÃO DE ETANOL**

**COMBUSTÍVEL E AGUARDENTE**. Disponível em: [https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/47464/R%20-%20T%20-%20](https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/47464/R%20-%20T%20-%20JOANA%20ANTUNEZ%20RIZZOLO.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

[%20JOANA%20ANTUNEZ%20RIZZOLO.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/47464/R%20-%20T%20-%20JOANA%20ANTUNEZ%20RIZZOLO.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Acessado em: 26/10/2018

FOGAÇA, Jennifer Rocha Vargas. **“Bioetanol de Algas”; Brasil Escola.** Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/quimica/bioetanol-algas.htm>. Acessado em: 26/10/2018

PORTALDOBIOGÁS. **Decomposição da matéria orgânica.** Disponível em: <https://www.portaldobiogas.com/decomposicao-da-materia-organica/>. Acessado em: 27/10/2018

VIRTUOS. **Fermentação Alcoólica.** Disponível em: [https://www.sobiologia.com.br/conteudos/bioquimica/bioquimica3\\_2.php](https://www.sobiologia.com.br/conteudos/bioquimica/bioquimica3_2.php). Acessado em: 23/11/2019

JULIANA. **Fermentação alcoólica e láctea.** Disponível em: <https://cursoenemgratuito.com.br/fermentacao-alcoolica-e-lactica/>. Acessado em: 23/11/2019

SAOFRANCISCO. **Fermentação alcoólica.** Disponível em: <https://www.portalsaofrancisco.com.br/quimica/fermentacao-alcoolica>. Acessado em: 23/11/2019

UMA. **HPLC - Cromatografia líquida de alta eficiência.** Disponível em: <http://www3.uma.pt/jcmarques/docs/qaii/QAI4HPLC2007JCM.pdf>. Acessado em: 23/11/2019

INFOESCOLA. **Glicose - Bioquímica e Nutrição.** Disponível em: <https://www.infoescola.com/bioquimica/glicose/>. Acessado em: 23/11/2019

INFOESCOLA. **Celulose - Bioquímica.** Disponível em: <https://www.infoescola.com/compostos-quimicos/celulose/>. Acessado em: 23/11/2019

LUZ, FABRÍCIO. **Cana-de-Açúcar - Aspectos Agronômicos e Biológico.** Disponível em: [http://www.ufrgs.br/alimentus1/feira/mpoutro/cana/mp\\_agron.htm](http://www.ufrgs.br/alimentus1/feira/mpoutro/cana/mp_agron.htm). Acessado em: 23/11/2019

INFOESCOLA. **Sacarose - Química.** Disponível em: <https://www.infoescola.com/quimica/sacarose/>. Acessado em: 23/11/2019

LBMBL-UFSC. **Metabolismo da Sacarose em S. cerevisiae.** Disponível em:

<https://sites.google.com/site/lbmbulfsc/principal/Ing>

Acessado em: 23/11/2019

CIÊNCIARURAL. **Composição do arroz.** Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/cr/v38n4/a49v38n4.pdf>.

Acessado em: 23/11/2019

INFOESCOLA. **Amido - Bioquímica.** Disponível em: <https://www.infoescola.com/bioquimica/amido/>.

Acessado em: 23/11/2019 DÉLIA, JOSÉ. **Gordura tem mais calorias que proteína e carboidrato, explica**

**médico.** Disponível em:

<http://g1.globo.com/bemestar/noticia/2011/09/gordura-tem-mais-calorias-que-proteina-e-carboidrato-explica-medico.html>. Acessado em: 23/11/2019

FOGACA, Jennifer Rocha Vargas. **"Amido"; Brasil Escola.** Disponível em:

<https://brasilecola.uol.com.br/quimica/amido.htm>.

Acesso em: 23 de novembro de 2019.

UFJF. **Síntese de Sacarose e Amido e Quebra do Amido.** Disponível em:

<http://www.ufjf.br/fisiologiavegetal/files/2018/07/Aula-3-S%C3%ADntese-de-Sacarose-e-Amido-e-Quebra-do-Amido-P%C3%B3s-IGB-2018-Red.pdf>

Acessado em 23/11/2019

Setor de biorenováveis do Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais.

Material de ensino técnico.

Professores Geremias Silva Santana, Alexandra Matias, Gláucia Pini, Helena Onaga, Elizete Santos e Karen Goraieb.

02 Ulmann Enciclopedia Industrial Chemistry.