



**UFAM**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS**

**FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

**Produção de bioenergia por meio de fermentação alcoólica**

**ALESSANDRO SARMENTO RODRIGUES**

**MANAUS, AMAZONAS**

**2020**

**ALESSANDRO SARMENTO RODRIGUES**

**Produção de bioenergia por meio de fermentação alcoólica**

**Orientador: Prof.<sup>a</sup>. Dra. Eyde Cristianne Saraiva Bonatto**

**Co-orientador: Prof. Dr. Ernesto Oliveira Serra Pinto**

Trabalho de conclusão de curso,  
objetivando o grau de  
Engenheiro Agrônomo da  
Universidade Federal do  
Amazonas na área de  
concentração de "Bioenergia"

**MANAUS, AMAZONAS**

**2020**

### Ficha Catalográfica

Ficha Catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo autor

R696p Rodrigues, Alessandro Sarmiento  
Produção de bioenergia por meio de fermentação alcoólica /  
Alessandro Sarmiento Rodrigues . 2020  
56 f.: il. color; 31 cm.

Orientadora: Eyde Cristianne Saraiva Bonatto  
Coorientador: Ernesto Oliveira Serra Pinto  
TCC de Graduação (Agronomia) - Universidade Federal do  
Amazonas.

1. Bioenergia. 2. Biomassa. 3. Fermentação. 4. Enzimas. 5.  
Geração de energia. I. Bonatto, Eyde Cristianne Saraiva. II.  
Universidade Federal do Amazonas III. Título

**ALESSANDRO SARMENTO RODRIGUES**

**Produção de bioenergia por meio de fermentação alcoólica**

Trabalho de conclusão de curso,  
objetivando o grau de  
Engenheiro Agrônomo da  
Universidade Federal do  
Amazonas na área de

Parecer: \_\_\_\_\_ em \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2020.

**BANCA EXAMINADORA:**

---

Prof. (a). Dr. (a). \_\_\_\_\_

Universidade Federal do Amazonas

---

Prof(a). Dr(a). \_\_\_\_\_

Universidade Federal do Amazonas

---

Prof(a). Dr(a). \_\_\_\_\_

Universidade Federal do Amazonas

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus por me guiar na senda do conhecimento e me de fazer instrumento para a materialização deste.

Agradeço a minha querida família, minha esposa Iracema Lídia, minha mãe Sandra Maria, minha irmã Alessandra e aos meus filhos Thomas Josué e Maria Rita, que me inspiraram a continuar no caminho acadêmico e no porvir profissional.

Agradeço a minha sempre amada e inesquecível filha Maria da Conceição que foi a minha estrela guia nas noites de dúvida em busca de conhecimento e fonte inspiradora para nunca desistir nos momentos mais difíceis de minha jornada da vida.

Agradeço aos meus mestres minha Orientadora Professora Eyde C. S. Bonatto pelo grande auxílio na confecção deste compêndio.

Agradeço ao meu co-orientador pelos conhecimentos repassados.

Aos colegas que durante esta jornada foram de fundamental apoio nas horas de embate dos trabalhos acadêmicos.

## RESUMO

Este compêndio descreve como ocorre o processo pelo qual a biomassa na figura de um composto orgânico fermentado e que sofre adição de um composto orgânico que contem enzima que sua ação por sua vez, gera um capo elétrico. Isto é feito por meio de experimentos empregando os materiais descritos no porvir deste registro. A fermentação já vem sendo empregada desde muito tempo atrás na história da humanidade para a fabricação de bebidas e na indústria de panificação. Sendo esta um processo característico da ceara da química, que ocorre por meio da ausência de gás oxigênio (O<sub>2</sub>), cujo qual os fungos e as bactérias procedem a transformação de matéria orgânica em outros produtos, inclusive a energia. Destarte é a forma com que esses seres empregam para produzir energia e, assim, para a manutenção e do desempenho de suas funções biológicas. Nestes experimentos se empregou materiais orgânicos, como já citado anteriormente, que sofreram a ação do fermento biológico na figura do *Saccharomyces cerevisiae* que se trata de um microrganismo eucariota unicelular empregado na produção do pão e também da cerveja, e ademais pode, além de ser usada para a produção de álcool combustível.

Palavra-chave: Bioenergia, Biomassa, Fermentação, Fungo, Enzimas, Geração de energia.

## **ABSTRACT**

This compendium describes how the process by which the biomass in the figure of a fermented organic compound undergoes addition of an enzyme-containing organic compound that in turn generates an electric capo occurs. This is done through experiments employing the materials described in the future of this record. Fermentation has been employed for a long time in human history for the manufacture of beverages and the baking industry. This is a characteristic process of chemical ceara, which occurs through the absence of oxygen gas (O<sub>2</sub>), whose fungi and bacteria transform organic matter into other products, including energy. Thus is the way in which these beings use to produce energy and thus for the maintenance and performance of their biological functions. In these experiments, organic materials were used, as previously mentioned, which suffered the action of biological yeast in the figure of *Saccharomyces cerevisiae*, which is a unicellular eukaryotic microorganism used in the production of bread and also beer, and can, besides being used for the production of fuel alcohol.

Keyword: Bioenergy, Biomass, Fermentation, Fungus, Enzymes, Energy generation.

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>9</b>
<b>HIPÓTESES.....</b>	<b>14</b>
<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>15</b>
Objetivo Geral.....	15
Objetivos Específicos.....	15
<b>MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>13</b>
1a Parte:.....	15
2a Parte:.....	17
<b>MATERIAIS.....</b>	<b>18</b>
<b>REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>18</b>
Bioenergia.....	18
Biomassa.....	20
Fermentação.....	21
Inibidores Da Fermentação.....	22
Concentração De Açúcares.....	23
<b>SACCHAROMYCES CEREVISIAE.....</b>	<b>23</b>
<b>FERMENTAÇÃO ALCOÓLICA NA HISTÓRIA.....</b>	<b>27</b>
<b>ANÁLISE DE SIMILARES.....</b>	<b>28</b>
<b>FUNDAMENTOS DA ELETRÔNICA EMPREGADOS NO PROJETO.....</b>	<b>33</b>
Eletrólise Com Eletrodos Ativos.....	33
<b>CARACTERÍSTICAS DO COBRE.....</b>	<b>38</b>
<b>CARACTERÍSTICAS DO ZINCO.....</b>	<b>38</b>
<b>AS ENZIMAS DEFINIÇÃO E A ENZIMA GLICOSE OXIDASE.....</b>	<b>39</b>
<b>CLASSIFICAÇÃO.....</b>	<b>40</b>



<b>FUNÇÃO GERAL DAS ENZIMAS E SUA CONDIÇÃO DE NÃO ALTERAR A VELOCIDADE, MAS, NÃO O EQUILÍBRIO.....</b>	<b>40</b>
<b>O PODER CATALÍTICO DAS ENZIMAS.....</b>	<b>44</b>
<b>RESULTADOS DOS TESTES DO EXPERIMENTO.....</b>	<b>45</b>
<b>1ª) Etapa (T1):.....</b>	<b>47</b>
<b>2ª) Etapa (T2).....</b>	<b>48</b>
<b>3ª) Etapa (T3).....</b>	<b>49</b>
<b>SIMULAÇÃO DE UMA BATERIA DE 3 V.....</b>	<b>51</b>
<b>ESQUEMA DEMONSTRANDO DE UMA BIOPILHA.....</b>	<b>52</b>
<b>RESULTADOS.....</b>	<b>54</b>
<b>RESULTADO FINAL.....</b>	<b>56</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>57</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.....	26
Figura 2.....	27
Figura 3.....	29
Figura 4.....	32
Figura 5.....	32
Figura 6.....	35
Figura 07.....	36
Figura 8.....	37
Figura 9.....	37
Figura 10.....	39
Figura 11.....	42
Figura 12.....	43
Figura 13.....	47
Figura 14.....	48
Figura 15.....	49
Figura 16.....	50
Figura 17.....	50
Figura 18.....	51
Figura 19.....	52
Figura 20.....	52
Figura 21.....	53
Figura 22.....	53

## INTRODUÇÃO

A energia é essencial para a manutenção da vida, e em nosso planeta o sol se encontra como o produtor soberano para geração de energia. Ainda existem outras fontes geradoras, tais como, o carvão mineral, a energia eólica, energia hidrelétrica produzida em usinas hidrelétricas, o petróleo, e a bioenergia produzida pela biomassa.

A bioenergia pode atender de forma eficaz a demanda por produção de energia na figura de biocombustíveis dos mais variados tipos a exemplo dos combustíveis aeronáuticos e em veículos elétricos sendo um importante coadjuvante no processo de propulsão de carros híbridos.

Com o avanço da tecnologia a bioenergia vem despontando como uma fonte confiável e barata para determinar a passagem dos meios tradicionais de extração de energia para este tipo revolucionário.

Uma das grandes vantagens deste novo seguimento de geração de energia é o de trazer benefício em termos sociais, ambientais e econômicos para uma nação. Para muitos pesquisadores, a bioenergia aparece como a mais democrática dentre as fontes tradicionais de produção energética.

“Ela não pode ser gerada de forma tão centralizada como uma refinaria de petróleo ou uma central nuclear. A bioenergia pressupõe uma distribuição maior [dos empregos e recursos]” (NOGUEIRA, 2019).

Outro importante fator é que a bioenergia possui a capacidade de fomentar a produção de outros produtos a exemplo da sua colaboração na indústria de alimentos e corroborar para otimização de aspectos sociais.

É o caso do que ocorre na produção de cana-de-açúcar para a fabricação de etanol que inseriu a ciência e a tecnologia no interior do Estado de São Paulo, inclusive para regiões onde nem sequer havia estrutura para produzir alimentos. (FILHO, 2019)

Em termos de educação, as biorrefinarias, que ademais a despeito dos combustíveis proporcionam a produção de insumos químicos, alimentos, fertilizantes e energia, entre outros, guiaram cada vez mais os doutores e outros demais profissionais de alta qualificação para o interior do Estado, promovendo seu desenvolvimento. (FILHO, 2019)

“Os municípios em volta se beneficiam diretamente do ponto de vista da educação dos seus cidadãos. Os funcionários de uma usina têm os seus filhos educados em nível melhor do que a média e ganham mais do que a média na agricultura” (SOUZA, 2019).

Segundo Estudos neste âmbito se mostra que a instalação de uma usina de etanol e açúcar viabiliza ganhos satisfatórios para três ou quatro cidades em suas adjacências, demonstrando como se dá o impacto social da chamada bioeconomia já é uma realidade no Brasil.

Como acontece um aumento exponencial de procura para atender a grande solicitação para solucionar a cada vez mais crescente de consumidores por esta modalidade de produção de energia.

Com a demanda por energia crescendo no mundo todo, as fontes renováveis caso da cana-de-açúcar, a energia solar e a eólica são apontadas pelos especialistas como algumas das melhores alternativas.

“A cada segundo se queima neste planeta mil barris de petróleo. É o equivalente a uma piscina olímpica. Imagine em um ano! Então, nós estamos frente a uma nova mudança” (NOGUEIRA, 2091).

O consumo de combustíveis fósseis é cada vez maior em um ritmo cada vez rápido o que exige da indústria de refinamento um esforço muito maior para encontrar novas áreas de extração de petróleo sem, contudo, nem sempre se preocupar com o meio ambiente, haja vista, os grandes riscos envolvidos em vazamentos.

Para este pesquisador supracitado, embora o petróleo figure como sendo a principal fonte de energia brasileira, o que perfaz a 57% da matriz energética, assim,

o país é menos dependente se comparado com a média dos países desenvolvidos, com o índice chegando a 80%.

A cana-de-açúcar responde por 18% da nossa matriz energética, possuindo a vantagem também de ser muito produtiva, e mesmo assim, ocupa apenas 1% das terras disponíveis para agricultura no território brasileiro.

Entrementes, só metade desta porcentagem é empregada no plantio da cana voltada para a produção de biocombustível. E a outra parte se destina à produção do açúcar.

“Todo biocombustível líquido que foi produzido no mundo até recentemente ocupou 13 milhões de hectares em área plantada” (SOUZA, 2019). Como podemos constatar a viabilidade destes recursos proporciona ainda uma infinidade de possibilidades em termos de produção.

No mundo todo, existem 13 bilhões de hectares de terras consideradas agriculturáveis, segundo a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (segundo a FAO, em inglês). E desta área, 3 bilhões de hectares são empregados no plantio de alimentos e outros 3 bilhões para pastagens (SOUZA, 2019).

“Estou falando de 13 milhões de hectares para a produção de biocombustíveis. É uma fração de uma fração que, no caso brasileiro, produz 20% da energia consumida. São dois séculos usando petróleo e se imagina que não tem alternativa, mas tem. Com poucas plantas se resolve essa equação” (SOUZA, 2019).

O aumento da demanda de produção de energia elétrica dos chamados BRICS (é o nome de um conjunto econômico de países considerados "emergentes": Brasil, Rússia, Índia, China e África Do Sul).

Sendo assim, este grupo, determina um grande desafio para esta nova ordem mundial, contudo, também isto se configura numa oportunidade para o processo de desenvolvimento de novas tecnologias para geração de energia.

“Estamos falando de algo em torno de 4 bilhões de pessoas. Certamente elas querem e precisam usar mais. Porque a energia está associada com a qualidade de

vida. Quanto mais energia o país tem, maior o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), melhor a educação, melhor a condição de saúde, maior a longevidade” (MACIEL, 2019).

Assim, o uso extensivo dos meios de produção de energia resulta numa escassez cada vez maior destes recursos e é mister que se enseje a criação de novas formas de consecução de geração de energia.

A biomassa, a exemplo da cana-de-açúcar, desponta como uma saída inteligente, possibilitando para que diversas regiões do mundo produzam uma energia mais limpa e sustentável, sendo uma oportunidade de desenvolver pesquisa científica de alto nível. As tecnologias têm de ser desenvolvidas aqui (Brasil) pois, a biomassa é nossa (MACIEL, 2019).

Neste âmbito o presente estudo visa colaborar para o desenvolvimento de uma tecnologia que já existe, a extração de campo elétrico a partir de um composto orgânico, que sofreu fermentação alcoólica pelo fermento biológico, este muito usado na indústria de panificação.

## **HIPÓTESES**

Existe a possibilidade de desenvolvimento de uma biobateria, ou seja, um aparato artificial que seja capaz de desenvolver e armazenar energia elétrica.

Ocorre a possibilidade de que um determinado composto ou substância orgânica, posto para fermentar por meio da ação de uma levedura, e tendo a aplicação de uma enzima específica, possa gerar cargas elétricas.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo Geral**

Desenvolver uma bateria utilizando resíduos agrícolas para a geração de energia.

### **Objetivos Específicos**

Promover o demonstrativo de como ocorre as reações bioquímicas de um composto orgânico para gerar eletricidade.

Esquematizar para um porvir uma biobateria para fins de promover o uso de energias alternativas e não poluidoras ao meio ambiente.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

### **1a Parte:**

A pesquisa do projeto é do tipo experimental. Que se caracteriza por manipular diretamente as variáveis relacionadas com o objeto de estudo. Nesta pesquisa, a manipulação das variáveis proporciona o estudo da relação entre as causas e os efeitos, de um determinado fenômeno.

Os tipos de métodos são os de indução e dedução. O método de indução se caracteriza pela sua precisão na resolução de problemas, já que emprega raciocínio lógico para chegar aos seus objetivos.

O método de dedução é a adequação que forma explícitas verdades particulares contidas em verdades universais. Esta técnica determina a construção de estruturas lógicas, por meio de relacionamento entre antecedente e consequente, entre hipótese e tese, entre premissa e conclusão.

O ponto de partida é o antecedente, que afirma uma verdade universal e o ponto de chegada é o consequente, que afirma uma verdade geral em particular contida explicitamente na primeira.

O tipo de delineamento do projeto será embasado no estudo analítico de estruturas similares e levantamento de dados bibliográficos. Serão empregadas também, para fins deste estudo, amostras de similares.

Sendo analisadas características como: tipo de material, modus operandi, a posição do produto no mercado, o seu nível de aceitação pelo público alvo, entre outras mais.

A técnica de coleta de dados será efetuada junto às pesquisas similares, pareceres de especialistas no assunto e pesquisa experimental em âmbito laboratorial. Se fará o uso de tabulação para fins de organização, orientação e avaliações das informações coletadas.

A forma de condução de dados se dará por meio de processo de comparação entre amostras analisadas e a posteriori, serão avaliados por meio de triagem, onde se verificará seu grau de importância para o projeto.



A forma do relatório será construída com base em normativa da ABNT. Recebendo revisão de autoridade no assunto, no caso o orientador escalado para a tarefa.

## **2a Parte:**

O projeto será dividido em 7 (sete) etapas, que obedecerão às datas do cronograma e sua execução se dará segundo especificações descritas no mesmo.

Ocorreram datas de entrega parcial (planejado) e datas para entrega final (executado) de cada etapa. Duas datas semanais serão reservadas à orientação.

Os materiais que foram empregados no presente experimento foram:

Multímetro da marca Minipa, modelo ET 2082 C;

Balança de precisão da marca Shimadzu, modelo AUY220;

1 garrafa de 500 ml de melaço de cana;

1 frasco de 350 ml de mel de abelha;

1 pacote de 10g de fermento biológico;

10 g de bagaço de cana;

36,50 g de fio de cobre;

1 pedaço de fio de arame galvanizado de 25 cm;

Vidraria na figura de béqueres de 50 ml, 40 ml e 25 ml;

Uma bandeja de plástico branco.

## MATERIAIS

1 Notebook da Marca **SAMSUNG** modelo **NP 270ESK**;

Dependências do Laboratório de Bioenergia localizado na Faculdade de Ciências Agrárias, Bloco 1;

Vidrarias específicas;

Balança de precisão

Multímetro da marca **MINIPA** modelo ET-2082C

Materiais específicos para a confecção da solução orgânica eletrolítica (serão explanados mais adiante)

## REVISÃO DE LITERATURA

### Bioenergia

O Brasil possui uma importante contribuição para o aproveitamento das oportunidades provenientes de uma economia embasada no baixo carbono. O que ocorre é que o emprego da bioenergia pode em termos de padrão brasileiro determinar os possíveis impactos no desenvolvimento de uma alternativa energética sustentável e replicável.

Com potencial para contribuir para a transição de uma economia com base fóssil para uma bioeconomia ecológica. A bioenergia fomenta oportunidades a

serem exploradas quanto as vantagens e implicações das sinergias existentes entre os seguintes parâmetros: mitigação, adaptação e desenvolvimento sustentável.

Essas podem ser promovidas no decorrer ciclo de continuidade da bioenergia, e com identificação das questões e das possíveis soluções para otimizar o desenvolvimento e a criação de tecnologias que fomentam uma baixa emissão de carbono.

Ocorre a planificação de estratégias e medidas direcionadas a disseminar a inovação orientada para alavancar o progresso e a propagação de tecnologias de combustíveis, e no campo da economia, os insumos industriais, com baixo teor de carbono, em transporte no geral e na indústria, em relação ao Acordo de Paris.

A produção de bicombustíveis tem cada vez mais um destaque no cenário nacional e internacional que possam que não sejam poluidoras. Dois grandes expoentes desta categoria de produtos são o biodiesel e o etanol que são obtidos por meio vegetal.

Com destaque para o etanol, que é obtido por meio da fermentação da sacarose, e por grau de importância a cana-de-açúcar, milho, sorgo e beterraba. Sendo a cultura de cana-de-açúcar uma cultura de suma importância para a economia do Brasil, sua família é a mais importante de suas espécies.

Essas espécies são Poaceae, da tribo Andropogoneae do gênero *Saccharum*, com destaque para a variação *Saccharum officinarum* do sudeste asiático, sendo já conhecida pelo homem desde tempos remotos.

Através do cruzamento de *S. officinarum* e da *S. spontaneum* resultou em diversos de tipos de cana-de-açúcar. O produto é uma ampla variedade de atuais de cana-de-açúcar que apresentam características agrônômicas melhoradas, inclusive com uma notável resistência a doenças. (LEMOS e NELSON, 2012)

## **Biomassa**

Entende-se por Biomassa toda matéria orgânica, originária de substrato vegetal ou animal, empregada na produção de energia. Sendo obtida através da decomposição de uma variedade de recursos renováveis, como plantas, madeira, resíduos agrícolas, restos de alimentos, excrementos e até do lixo.

Assim sendo, um aspecto que deve ser estudado para poder entender os pormenores acerca da biomassa, é a Metabolômica.

Metabolômica ou metabolómica trata-se do estudo científico que foca na identificação e quantificação do conjunto de metabólitos, ou seja, o metaboloma que é relativo aos produtos provenientes e/ou modificados por um determinado tipo de organismo.

Metabolômica também estuda os processos ecofisiológico em particular tudo que envolve o nível micromolecular, observando o maior número possível de metabólitos primários e secundários de estruturas.

A exemplo de células, órgãos e tecidos de um organismo, com execução de técnicas analíticas de alto grau desempenho a exemplo da cromatografia gasosa acoplada a um espectrômetro de massas (CG-EM).

A cromatografia líquida acoplada a espectrômetro de ultravioleta e visível com arranjo de diodos e/ou espectrômetro de massas (CLAE-DAD-EM) e espectrômetro de ressonância magnética nuclear (RMN) acoplado ou não a um cromatógrafo líquido. Determina o produto na figura da caracterização de fenótipos micromoleculares de organismos em condições específicas, em particular, fatores ambientais, genéticos e patológicos, objetivando a associação dessas substâncias ao genótipo e à função gênica (VILLAS-BÔAS, 2005; RASMUSSEN, 2005; LANE, 2005; LEMOS, 2012; NELSON, 2012).

## Fermentação

A fermentação alcoólica vem desde muito tempo com povos antigos há mais de 4 mil anos atrás, a exemplo de egípcios que fabricavam o pão e produziam bebidas alcoólicas usando com substrato cereais e frutas. Porém, só agora recentemente pode-se fazer a relação entre a fermentação e a levedura, que se trata de um fungo que possui dois vieses de sobrevivência na natureza, um em condições aeróbicas, e o outro em condições anaeróbicas.

O homem se beneficia com grande retorno deste microrganismo, isto mesmo sem saber de sua existência, sendo notada a sua presença em um momento primordial por Leewenhoek (1623-1723), quando da ocasião da observação de uma amostra de cerveja em estado de fermentação, por meio de seu microscópio rudimentar.

Ocorreram dois eventos importantes neste âmbito, que fundamentaram sua formulação por Pasteur (1863) que somado aos aspectos gerais da natureza microbiológica da fermentação alcoólica como um processo de caráter anaeróbico, e a formulação da estequiometria da fermentação feita por Gay-Lussac (1815). E neste ínterim o estudo de processo anaeróbico, isto é, aspectos gerais de como a vida se mantém sem a presença de oxigênio. Doravante as pesquisas tomaram o rumo na análise de reações enzimáticas responsáveis pelo processamento químico do açúcar em etanol e gás carbônico no interior da levedura.

A levedura *Saccharomyces* possui uma importância muito grande em termos econômicos envolvidos em processos biotecnológicos, no campo da panificação, na produção de cervejas, vinhos, dentre outros tipos de bebidas alcoólicas, e no caso do Brasil se fomenta a produção de um combustível alternativo e aporte renovável. Este microrganismo pode ser do tipo eucariótico, que se caracteriza por ser constituído por uma célula munida de um núcleo organizado e detentora de processos metabólicos compartimentalizados, cujo estudo é mais prolífico e ademais

seu metabolismo é mais notório. Assim mesmo a descoberta na seara dos mecanismos de controle de vias e procedimentos metabólicos das leveduras, fascina o homem até os dias de hoje.

A transformação da glicose (açúcar) no  $\text{CO}_2$  (gás carbônico) se configura em 12 reações em sequência ordenada, com qual sofrendo o efeito da catalisação realizada por uma enzima específica. Este mecanismo enzimático está disposto no citoplasma celular, lugar na célula em que ocorre a fermentação alcoólica (Fig. 01). Essas enzimas são chamadas por "glicolíticas", sendo influenciadas por fatores como: nutrientes, minerais, vitaminas, inibidores, substâncias do próprio metabolismo, pH, temperatura, entre outros mais. Estes fatores operam como estimuladores e outros com repressores da ação das enzimas, isto afeta de forma significativa o desempenho do processo fermentativo que é conduzido pelas leveduras (LIMA, 2001; AQUARONE, 2001; BORZANI, 2001; SCHIMIDEL, 2001).

### **Inibidores Da Fermentação**

O processo fermentativo tem inibição por meio de não só pelos próprios produtos, mas, também pelo etanol. O potássio e o cálcio em quantidades fora do comum podem determinar efeitos negativos não desejados para a fermentação, se empregando elevada proporção de melaço.

O alumínio é também considerado um elemento que acarreta danos à levedura em condições de fermentação em âmbito industrial, o que causa numa baixa no índice de trealosedissacarídeo de forma natural com ligação alfa, alfa-1, 1-glicosídeo, entre duas unidades de alfa-glicose) da levedura.

Outro flagelo que causa a inibição da fermentação é a sulfitação do caldo de cana para sua clarificação que pode produzir melaços detentores de altos teores de sulfito. Isto determina num estado de toxidez letal para a levedura, o que acarreta também no aumento da acidez do álcool resultante deste processo. Todavia, o

mesmo não ocorre no caso da fermentação bacteriana que fomenta controle das bactérias (LIMA, 2001; AQUARONE, 2001; BORZANI, 2001; SCHIMIDEL, 2001).

### **Concentração De Açúcares**

Quando ocorre um aumento da concentração de açúcar, resulta num aumento significativo da velocidade de fermentação, assim como, também aumento da produtividade, e obedecendo parâmetros controlados, se produz um crescimento do fermento e uma menor formação de glicerol por unidade de substrato processado. Porém, quando se apresenta teores altos de açúcar, ocorre um estresse osmótico da levedura, e nada este perdido, pois, existe, dependendo do tipo de processo de fermentação, um patamar de concentração considerada ideal (LIMA et al, 2001).

### **SACCHAROMYCES CEREVISIAE**

Por volta de 1825, o químico e professor J.J. Colin colega de estudo de Gay Lussac, confirmou a observações de Thénard, afirmando: "Os levedos são formados durante a fermentação do açúcar na ausência de oxigênio".

Assim, os estudiosos desconheciam que os fenômenos da época que a mudança ocorrida era distinta do modo essencial de muitas outras reações químicas, familiares a eles. Segundo Harden (1932), A origem e as propriedades daquele levedo eram notáveis, mas, ainda permaneciam na obscuridade.

Para J.B. Desmazières em 1826, por meio do estudo de micróbios encontrados na cerveja e nos vinhos por meio de microscópio, denominou-os de *Mycoderma cerevisiae* e *Mycoderma vini*.

Segundo Barnett (1998), os organismos encontrados por Desmazières possuem características fermentativas. E Três pesquisadores, Charles C. de la Tour (1777-1859), e dois alemães Friedrich T. Kützing (1807-1893), Theodor Schwann (1810-1882), estabeleceram que era um ser vivo.

Um deles Charles Cagniard. de la Tour por meio de seus experimentos com auxílio da microscopia, identificou que essas estruturas semelhantes a glóbulos, se reproduziam, o que lhes conferia a qualidade de seres vivos, ao contrário do que se pensava, que eram matéria inerte (Barnett, 1998).

O mais ilustre desses três cientistas, Theodor Schwann por meio de uma abordagem diferente da de La Tour, visava refutar o conceito de geração espontânea. Onde através de seus experimentos não é o ar que a desencadeia, mas, uma substância contida no ar atmosférico, destruída pelo calor (Harden, 1932).

Ao constatar que se tratavam de estruturas ovais ou redondas, apresentando uma forma simples, com o último elemento da cadeia pequeno e alongado. Segundo Schwann, (1837), "Em resumo, o todo se assemelha com muitos fungos articulados, e isso, sem dúvida, sem dúvida, é uma planta"

O cientista alemão concluiu que as células do fermento se reproduziam por brotamento; e que o açúcar era alimento para o fermento; que ocorria uma excreção de etanol e, enfim, que a levedura solicitava substâncias nitrogenadas para se desenvolver.

Era o advento de uma nova era nessa área pois, as conclusões foram revolucionárias, inequívocas e corretas, donde para Schwann (1837):

A fermentação do vinho deve ser a decomposição que ocorre quando o *fungus* usa açúcar e substâncias nitrogenadas para seu crescimento, durante o qual aqueles elementos não tão utilizados são convertidos, preferencialmente, em álcool.

Para Barnett, Schwann chamou o fermento de Zuckerpilz, ou fungo do açúcar, e por advento das suas pesquisas, foi aconselhado pelo micologista F.J.F. Meyen, que considerou as conclusões do cientista corretas. Meyen introduziu o nome genérico de *Saccharomyces* (palavra do latim moderno, significa açúcar +



fungo), que possui duas espécies distintas, o *Saccharomyces cerevisiae*, *Saccharomyces pomorum* e *Saccharomyces vini*.

Também Schwann por meio de seu trabalho também evidenciou na natureza celular das plantas e dos animais, empregou em primeira vez, o termo "metabólito", com isso ele ratifica suas observações e conclusões anteriores acerca dos fermentos como seres vivos e o seu papel na fermentação.

Demonstrou que as células do levedo eram na verdade as do fungi, pois, cresciam juntamente com eles, constituído novas células nas suas extremidades, e ademais verificou que como se propagaram segundo Barnett (1998).

Para este autor, Schwann estabeleceu que as células do fermento eram as percussoras que desencadeavam a fermentação, dado ao fato, de que estava associada com a propagação do levedo, ocorria falha quando da exposição ao calor.

Além disso, o cientista comentou que o próprio fermento também aumentava durante o processo, como Colin havia observado anteriormente, e que esse tipo de fenômeno era realizado somente por seres Vivos.

As descobertas destes três pioneiros foram confirmadas logo depois por outros dois cientistas franceses, eram eles Quevenne e Pierre J. E. Tupina. E Turpin se manifestou, notavelmente, em relação à prioridade da descoberta da verdadeira natureza da levedura.

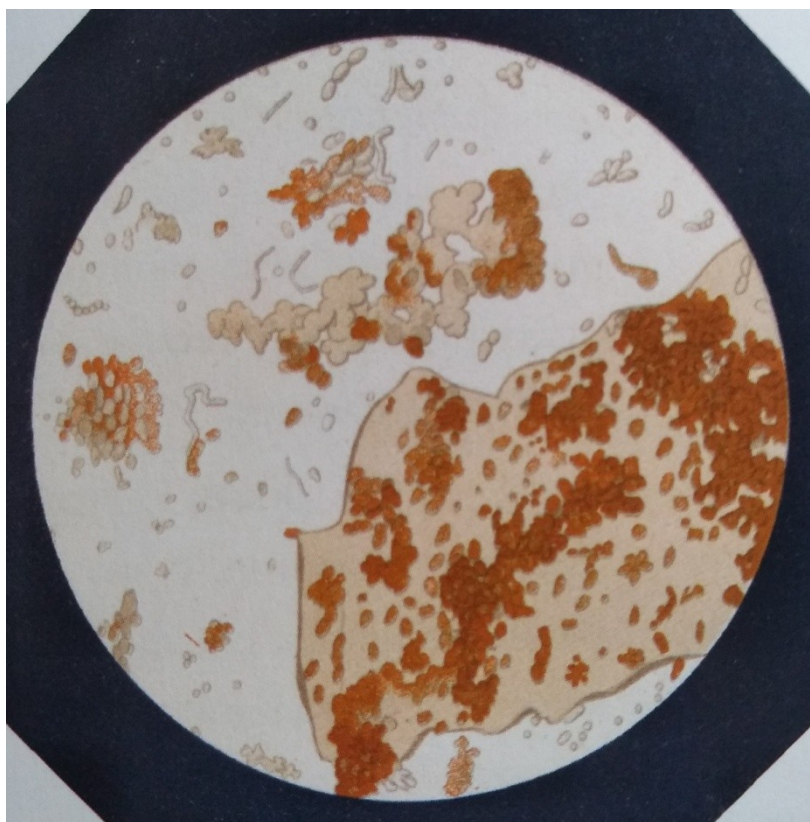
Perscrutar por meio de tentativas, foi de que se ocupava os três cientistas (Cagniard-Latour, Schwann e Kützing). Proceder e definir o descobrimento pela primeira vez, acerca da organização e o desenvolvimento do fermento não possui uma grande importância.

Isso se levarmos em conta, que nessa época em que existe uma quantidade razoável de pessoas trabalhando em todas as partes do mundo, e dado ao fato, a ação dos muitos meios de comunicação, faz-se evidente, especializar-se em alguma sub-área da ciência.

E suficiente saber, e disso estamos convencidos, que esses três pesquisadores, mesmo sem conhecer o trabalho um dos outros, obtiveram o mesmo resultado (P TURPIN, 1937, citado por SCHOEN, 1928).

Entremettes, Quevenne e o botânico Turpin chegaram às seguintes Conclusões: a levedura de cerveja acompanhava todas as fermentações alcoólicas espontâneas, é formada por células organizadas, vivem compostas (como as células de vegetais ou animais), de um envoltório entorno de um protoplasma granuloso (GARNIER,1888).

**Figura 1** - Observação em um microscópio (amplificado 500 vezes) de fermentos em depósito de vinho tinto da região de Virazeil (França), submetido a envelhecimento, 1877.

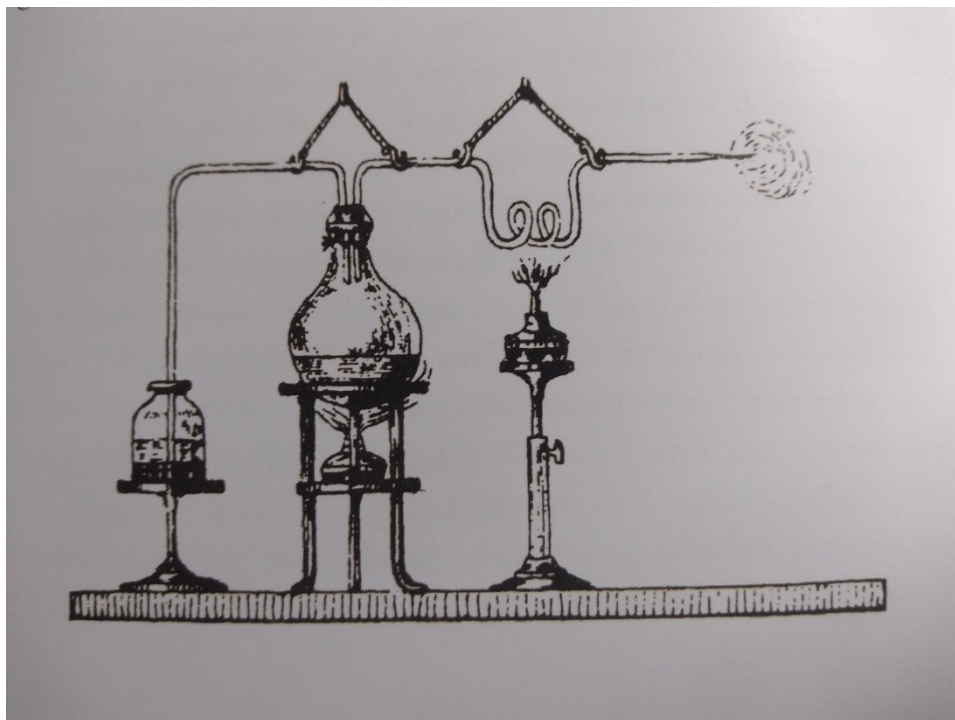


Fonte: Leão, Regina Machado. Fermentação Alcoólica, Ciência & Tecnologia (2005, p.49).

O Experimento de Schwann que permitiu conclusões revolucionárias sobre fermentação: as células do fermento crescem por brotamento e exige substâncias

nitrogenadas para seu desenvolvimento. Durante esse processo, os elementos não-utilizados no crescimento são convertidos em álcool pelas células.

**Figura 2 -** O Experimento de Schwann.



Fonte: Leão, Regina Machado. Fermentação Alcoólica, Ciência & Tecnologia (2005, p.52).

## **FERMENTAÇÃO ALCOÓLICA NA HISTÓRIA**

Segundo Barnett (2000) o período que compreende 1850 a 1880, os estudos voltados a compreensão dos fermentos passaram a ser em um amplo sentido, como micróbios, e seus mais distintos tipos foram estudados.

Nessa época, cientistas sob a influência do químico Berzelius e von Liebig, entraram em uma luta para se firmar seu posicionamento científico, contrário ao que os biólogos que seguiram Schwann, defendiam.

Para os químicos a catálise era o processo que determinava as alterações produzidas por microrganismos, e os biólogos fizeram importantes avanços no campo da microbiologia, que teve como principais representantes, Pierre Eugène Marcellin Berthelot (1827-1907) e Louis Pasteur (1822-1895).

Berthelot contribuiu de maneira indelével para a química orgânica sintética, e Pasteur se tornou um dos mais importantes microbiologistas de todos os tempos. Entre 1855 e 1875 Pasteur determinou em definitivo que a fermentação alcoólica era um processo fisiológico.

Demonstrou também Pasteur por meio de análise as diferenças entre o processo anaeróbico e o aeróbico (Barnett, 2000).

Para Pasteur estabeleceu que: a) Ocorre a formação de glicerina e ácido succinico, além de álcool e do ácido carbônico (sendo seus principais produtos; b) a glicerina e o ácido succinico configuram como produtos dependentes açúcar, isso sem a ação da levedura neste processo; c) o açúcar possui um papel fundamental cedendo um quantitativo de material (substância) para a levedura, através da proliferação, ou seja, ocorre a formação da membrana celulosa de envoltório e "gorduras" do protoplasma; d) o ácido láctico, é o resultado de uma fermentação, e é de caráter especial paralelo à quantidade variável.

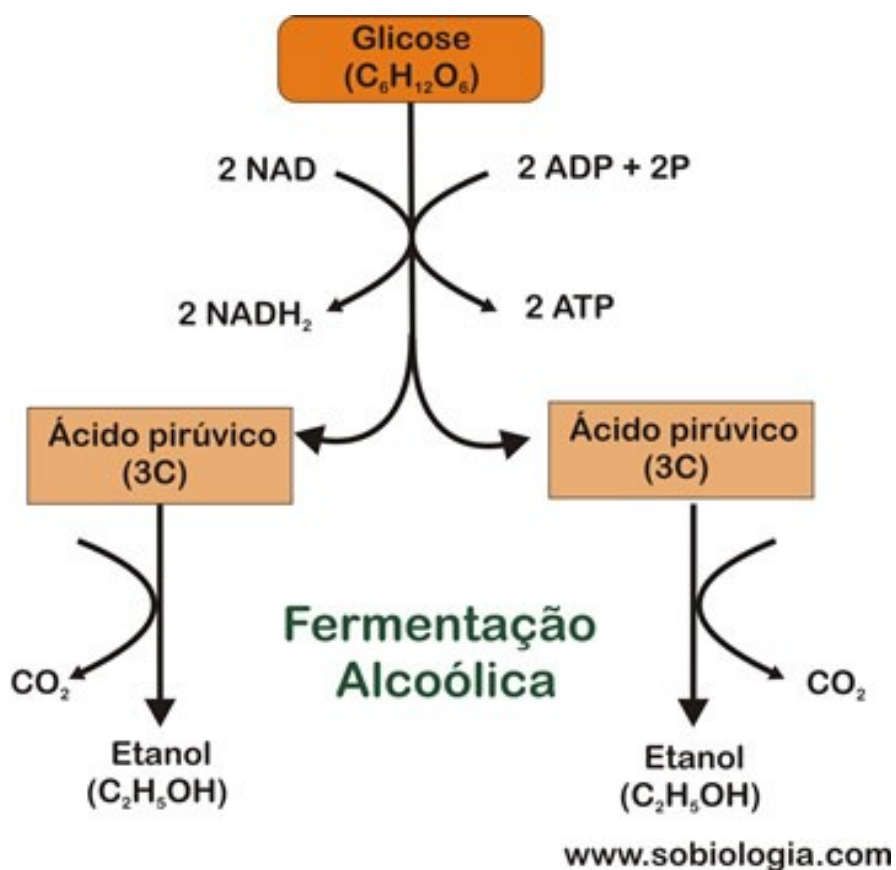
Pasteur também constatou que para em média cem gramas de açúcar de cana, podia-se produzir 51,10 partes álcool; 49,20 de ácido carbônico; 3,4 de glicerina; 0,65 de ácido succinico e 1,30 de celulose (sic), e gorduras, gerando um total de 105,65 g (GARNIER, 1888).

O processo que possibilitou essas conclusões para Pasteur percorreu um grande caminho, que vai da Crislografia (1847-1857): consistia em uma atividade óptica e assimetria cristalina; Fermentação e geração espontânea (1857-1865): estudos sobre o vinagre; Doenças do bicho-da-seda (1865-1870): pébrine (pebrina) e flacherie; Estudos sobre a cerveja (1871-1876): novos debates sobre a fermentação e a geração espontânea; Etiologia e profilaxia de doenças infecciosas; carbúnculo, cólera das aves, erisipela de porcos, hidrofobia.

Dado as suas ideias acabou por ganhar grandes inimigos, o que resultou foi a negação dos resultados positivos que passou durante maior parte da vida defendendo. Essa sua estratégia de defesa resultou na traição a memória de amigos seus que colaboraram para seu sucesso na ciência, a exemplo do grande fisiologista Claude Bernard (1813-1878), que em notas particulares somente após a sua morte,

teve a iniciativa de questionar a chamada teoria vitalista, que devesse ressaltar, que nunca discordou de Pasteur (GEISON, 2002).

Figura 3 - Como ocorre a Fermentação alcoólica.



Fonte: "Fermentação alcoólica" em Só Biologia. Virtuoso Tecnologia da Informação, 2008-2019. Disponível na Internet em <[https://www.sobiologia.com.br/conteudos/bioquimica/bioquimica3\\_2.php](https://www.sobiologia.com.br/conteudos/bioquimica/bioquimica3_2.php)> Consultado em: Nov. de 2019.

## **ANÁLISE DE SIMILARES**

### **Pesquisas Relacionadas**

Pesquisa da USP descobre como é a reação química que transforma açúcar em energia. Pesquisadores do Instituto de Química da Universidade de São Paulo (USP), em São Carlos, fizeram uma descoberta importante, trata-se da reação química que transforma o açúcar em energia elétrica. A pesquisa inédita foi capa do mês de agosto de 2017 da Royal Society of Chemistry, uma publicação considerada uma das mais respeitadas revistas científicas do mundo na área química.

### **A Pesquisa Inovadora**

Após cinco anos de estudo incessante até que se chegou o resultado inédito. O primeiro passo foi quando, os cientistas aplicaram fermento biológico, o mesmo usado para fazer pão, no açúcar refinado, de uso doméstico. Ocorrendo assim a fermentação, o que resulta é que o açúcar se transforma em álcool.

Os pesquisadores instalaram um eletrodo munido de uma proteína chamada ADH ou álcool desidrogenase, que é uma enzima encontrada no corpo humano e em alimentos, tais como, o tomate.

A proteína é capaz de extrair os elétrons - que são partículas carregadas - do etanol, gerando então eletricidade. E esse processo é bem rápido. Em cerca de 10 minutos nós já temos corrente elétrica (SEDENHO, 2017).

## **Benefícios para O Meio Ambiente**

A experiência traz vantagens significativas para o meio ambiente. A utilização de microrganismos para decomposição da matéria orgânica em lagos e rios, descontaminando o meio ambiente e mesmo assim, gerando eletricidade e também gerando bioenergia, ou seja, extraíndo eletricidade de qualquer fonte de açúcar presente em frutas, legumes e outros tipos de plantas (CRESPILHO, 2017).

## **BATERIA DE AÇÚCAR DA SONY**

O funcionamento da biobateria baseia-se em uma reação eletroquímica que utiliza a glucose (açúcar) como combustível. O anodo retira elétrons e íons de hidrogênio do açúcar por meio de uma oxidação enzimática:  $\text{Glucose} \rightarrow \text{Gluconolactona} + 2 \text{H}^+ + 2$

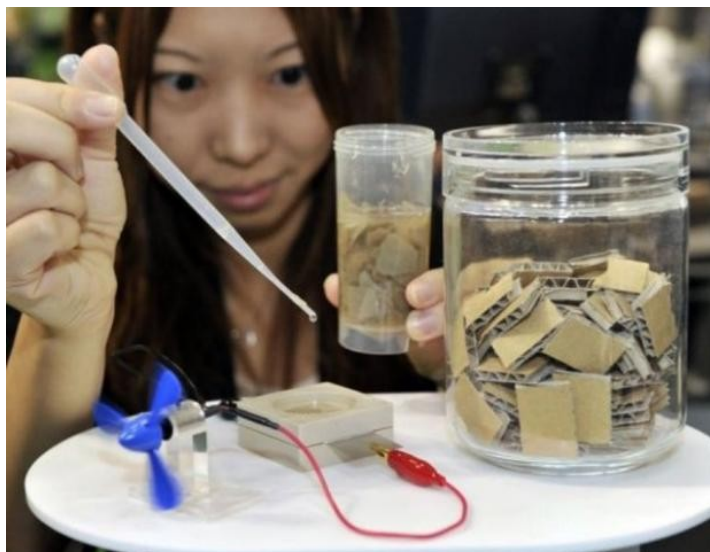
## **BioBateria De Papel Picado**

A gigante eletrônica Sony, mais uma vez apresentou pioneirismo neste campo da bioenergia, deu o primeiro passo para geração de energia a partir de uma fonte pouco explorada: o papel picado. O projeto pretende criar uma biobateria que "transforma glucose, o açúcar gerado a partir do papel em energia (ÉPOCA NEGÓCIOS, 2019).

"É o mesmo mecanismo que os cupins utilizam para comer madeira e dali retirar energia", explicou Chisato Kitsukawa, relações públicas da Sony durante a feira Eco-Products 2011 em Tóquio. "As biobaterias são sustentáveis e têm um grande potencial, pois não usam metais nem elementos químicos que prejudiquem a natureza"(ÉPOCA NEGOCIOS, 2019).



**Figura 4** - No processo de geração de energia da biobateria da Sony, pedaços de papelão ondulado são misturados com enzimas.



Fonte: Sony gera energia a partir de papel picado. Disponível em: <http://epocanegocios.globo.com/Revista/Common/0,,ERT285069-16381,00.html> Acesso em: Out. de 2019.

**Figura 5** - Bateria a base de açúcar da Sony



Fonte: Biobateria.  
Disponível em: < <https://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=010115070824&id=010115070824#.XhoailVKjIU> > Acesso em: Out. de 2019.

## FUNDAMENTOS DA ELETRÔNICA EMPREGADOS NO PROJETO

### Eletrólise Com Eletrodos Ativos

A eletrólise sempre é executada inserindo-se uma substância líquida com íons livres, que pode estar fundida a que chamamos de eletrólise ígnea ou misturada com água, a que chamamos de eletrólise em meio aquoso, em um recipiente, denominado de cuba eletrolítica, que contém dois eletrodos mergulhados nessa substância. Estes eletrodos estão ligados a um gerador, que pode ser convencionalizado como uma pilha ou uma bateria que viabilizará a passagem de corrente elétrica pelo composto liquefeito (FOGAÇA, 2019)

A principal aplicação dos eletrodos, consiste em transferir os elétrons das chamadas espécies reagentes, assim sendo, eles não precisam participar da reação. Vamos a um exemplo, no esquema abaixo, tem-se a eletrólise do cloreto de sódio que foi fundido,  $\text{NaCl}$ . Os eletrodos empregados neste tipo experimento foram de grafite, que dado a sua característica estrutural, são inertes, servindo apenas ao sódio metálico e ao gás cloro produzidos nas reações de oxirredução possam ser depositados sobre eles e sejam, assim então, recolhidos (FOGAÇA, 2019).

A platina é outro material inerte que conduz eletricidade também sendo usado na função de eletrodo. Contudo, alguns casos existem em que os eletrodos ativamente participam das reações de oxirredução e, por conseguinte, são denominados de eletrodos ativos (FOGAÇA, 2019).

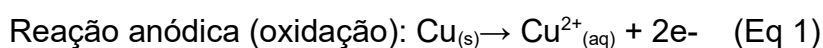
Abaixo tem-se um exemplo do esquema do eletrodo negativo (cátodo) que é uma placa de cobre de alta pureza, entrementes o eletrodo positivo (ânodo) trata-se de uma placa de cobre metalúrgico, ou seja, que contém pequenas quantidades de impurezas, principalmente ferro e zinco, contudo, pode também conter ouro, prata e platina. Os eletrodos são colocados imersos em uma cuba eletrolítica com uma

solução de sulfato de cobre e uma diferença de potencial (tensão elétrica) é aplicada aos componentes, passando uma corrente elétrica pelo sistema (FOGAÇA, 2019).

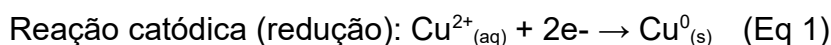
As características do ânodo (+) são: transfere elétrons, é o polo positivo, atrai os ânions, ocorre a oxirredução (perda de elétrons), liberação de elétrons.

As características do cátodo (-) são: recebe elétrons, polo negativo, atrai elétrons, ocorre a redução (ganho de elétrons), recepção de elétrons.

No ânodo (polo positivo), há a retirada de elétrons, isto é, a descarga do próprio cobre metálico impuro:



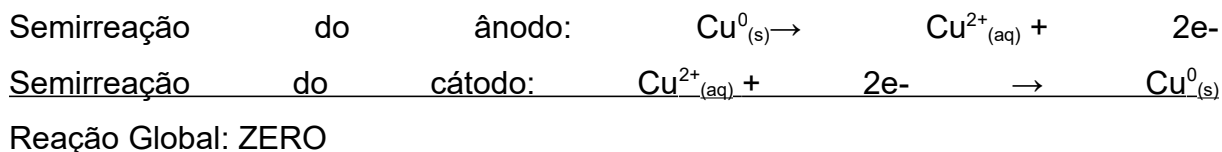
No cátodo (polo negativo), ocorre o fornecimento de elétrons (descarga) para os cátions  $\text{Cu}^{2+}_{(aq)}$ .



A reação determina um fluxo de elétrons que modificam a estrutura dos materiais envolvidos, com maior profusão no ânodo. "Depreendemos disto que a placa de cobre metalúrgico se dissolve, justaposto que seus cátions  $\text{Cu}^{2+}$  se transferem para a solução e são atraídos pela placa de cobre puro, depositando-se sobre ela. Enquanto isso, os cátions das impurezas menos nobres que o cobre, tais como o zinco e o ferro,  $\text{Zn}^{2+}$  e  $\text{Fe}^{2+}$ , não conseguem se reduzir no cátodo porque seu potencial de redução é bem inferior ao dos cátions  $\text{Cu}^{2+}$  e, por isso, ficam em solução. Já os cátions das impurezas mais nobres que o cobre, tais como ouro, prata e platina, não se oxidam no ânodo e se depositam no fundo do recipiente" (FOGAÇA, 2019).

Este procedimento não só determina a ação da eletricidade na reação, mas, também num benefício usado na metalurgia. " No cátodo, é obtido, então, um cobre com alto teor de pureza. Esse é o procedimento realizado para purificar o cobre metalúrgico, visto que o cobre precisa ter pureza de 99,9% para ser usado, por exemplo, em fios que conduzem energia elétrica" (FOGAÇA, 2019).

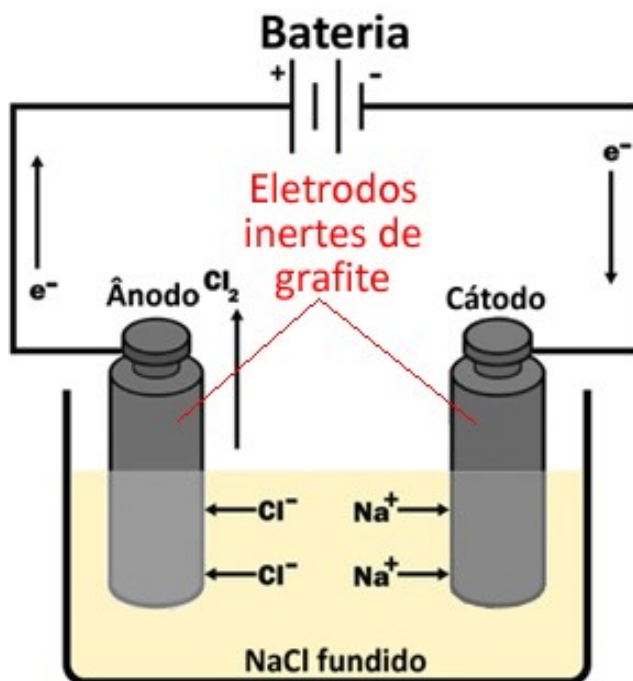
Somando-se as duas semirreações que ocorrem nos eletrodos, temos:



O resultado foi zero porque só houve um transporte de cobre da placa impura para a pura, mas não houve transformação química. (FOGAÇA, 2019)

A reação contida neste sistema possui aplicação em âmbito industrial. "Outro exemplo de eletrólise com eletrodos ativos ocorre na galvanoplastia (é uma técnica industrial que utiliza a eletrólise em meio aquoso para cobrir uma determinada peça.

Figura 6 - Eletroposição



Disponível Em: Fogaça, Jennifer Rocha Vargas  
 <<https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/quimica/eletrolise-com-eletrodos-ativos.htm>> Acesso em:  
 Nov. de 2019.

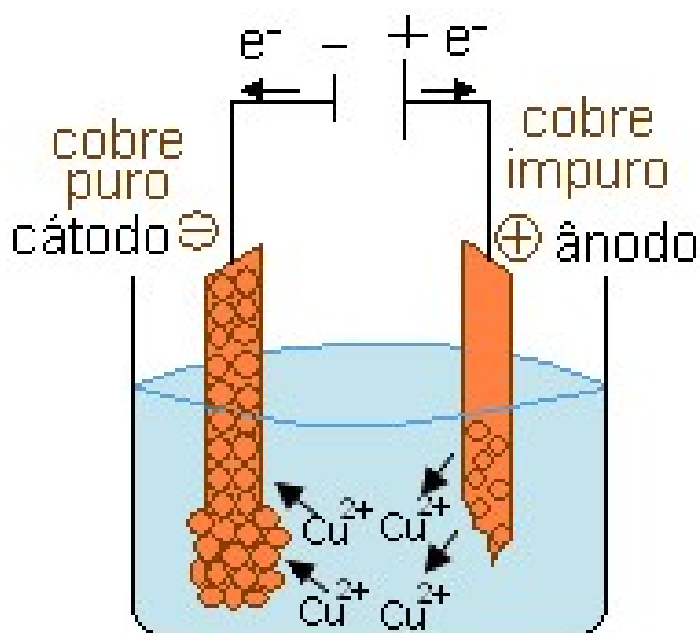
Metálica com outro metal. Um processo em que se reveste uma peça de metal com outro metal mais nobre. Como mostrado abaixo, a peça que será recoberta é o próprio cátodo, já o ânodo deve ser constituído do metal que se deseja revestir a peça.

Pode-se usar também no ânodo um eletrodo inerte, e a solução aquosa eletrolítica deve ser feita de um sal do metal que será usado para revestir a peça." (FOGAÇA, 2019)

Ocorre também procedimentos voltado para os chamados folheados feitos em metais nobres. "A seguir alguns dos exemplos, em que se deseja revestir um anel com ouro.

Para tal, colocou-se o anel como sendo o eletrodo negativo (cátodo), uma placa de ouro como eletrodo positivo (ânodo) e ambos estão mergulhados numa solução eletrolítica de nitrato de ouro III  $[\text{Au}(\text{NO}_3)_3]$ , que contém os cátions  $\text{Au}^{3+}$ "(FOGAÇA, 2019).

Figura 07 - Purificação do cobre.

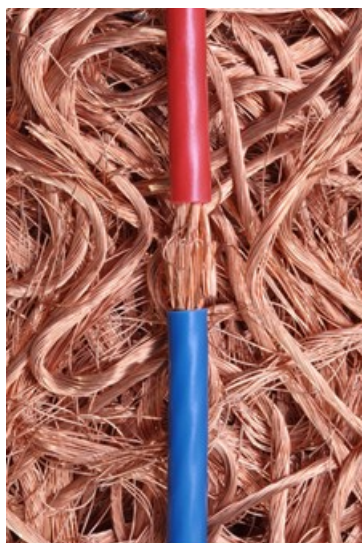


Disponível

Jennifer Rocha Vargas <<https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/quimica/eletrolise-com-eletrodos-ativos.htm>> Acesso em: Nov. de 2019.

Em: Fogaça,

**Figura 8 - Fios de Cobre.**



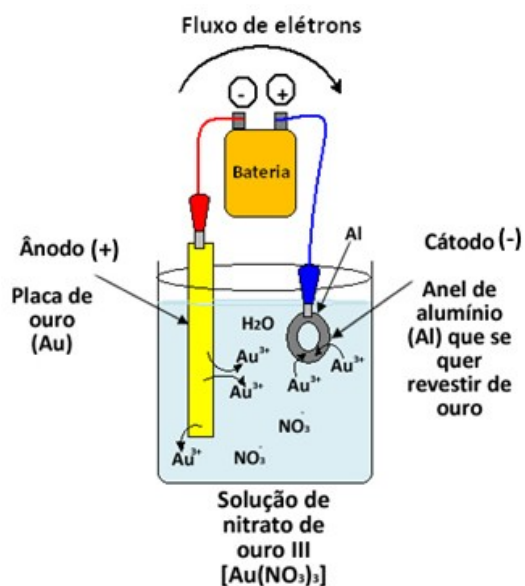
Disponível Em: Fogaça, Jennifer

<<https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/quimica/eletrolise-com-eletrodos-ativos.htm>> Acesso em:

Nov. de 2019.

Rocha Vargas

**Figura 9 - Eletroposição.**



Disponível Em: Fogaça, Jennifer Rocha Vargas

<<https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/quimica/eletrolise-com-eletrodos-ativos.htm>> Acesso em:

Nov. de 2019.

Ao se passar a corrente elétrica pelo sistema, haverá oxidação no ânodo, originário do próprio ouro metálico (Au), como consta a semirreação abaixo:



Se constata que no cátodo haverá a redução do cátion  $\text{Au}^{3+}$  e deposição de ouro sobre o anel, que se tornará dourado:



Efetuando-se a somatização das duas semirreações, observa-se que o resultado novamente é igual a zero pelo mesmo motivo supracitado:



Reação Global: ZERO

## **CARACTERÍSTICAS DO COBRE**

O teor médio de Cu na crosta terrestre é de aproximadamente, 55 mg  $\text{K}^{-1}$ , enquanto o teor total do solo pode variar de 10 a 80 mg  $\text{K}^{-1}$ , principalmente. Na forma divalente ( $\text{Cu}^{2+}$ ), predominantemente como constituinte das estruturas cristalinas dos minerais primários e secundários. Considera-se que a maior parte do Cu em solução esteja formando complexos solúveis com ácidos orgânicos, tais como, o cítrico e o oxálico (NOVAIS, 2007).

## **CARACTERÍSTICAS DO ZINCO**

O teor de zinco na crosta terrestre é de, aproximadamente de 70 mg  $\text{K}^{-1}$ , que

pode ser atingido na camada da litosfera, com o teor médio de 8 mg K<sup>-1</sup>. O teor de zinco nas rochas ígneas varia de 40 mg K<sup>-1</sup> (granito) a 130 mg K<sup>-1</sup>(basalto) e as rochas sedimentares de 16 mg K<sup>-1</sup>(arenito) a encontram-se a 96 mg K<sup>-1</sup>(folhelho) (SOUZA FERREIRA, 1991). Nos solos, teores de Zn geralmente encontram-se na faixa de 10 a 300 mg K<sup>-1</sup> de Zn total, o que não se correlaciona com sua disponibilidade (LINDSAY, 1979; NOVAIS, 2007).

## **AS ENZIMAS DEFINIÇÃO E A ENZIMA GLICOSE OXIDASE**

As enzimas são proteínas que podem ser classificadas em vários tipos, de acordo com a especificidade com que elas se encontram envolvidas. As enzimas atuam acelerando a velocidade das reações químicas em nosso organismo, ou seja, possuem função catalisadora. As enzimas podem se associar às coenzimas, que são moléculas orgânicas não proteicas indispensáveis ao funcionamento das mesmas. Como exemplos de enzimas podemos destacar: lipase, ptialina, pepsina, amilases, DNA polimerase, entre outras (DUQUE, 2019).

Figura 10 - Funcionamento de uma enzima.



Fonte - Enzimas - funções e classificação. Disponível em: <https://www.estudopratico.com.br/enzimas-funcoes-e-classificacao/>> Acesso em: Nov. de 2019.

## CLASSIFICAÇÃO

As enzimas podem ser classificadas em: hidrolases, ligases, oxidoredutases, transferases, liases e isomerases. Bioquimicamente, alguns fatores podem influenciar a atividade enzimática, como a temperatura e o pH. A principal característica da enzima é que ela age especificamente sobre um substrato, como um encaixe perfeito. Elas possuem uma estrutura tridimensional conservada, sendo essenciais à vida (DUQUE, 2019).

## FUNÇÃO GERAL DAS ENZIMAS E SUA CONDIÇÃO DE NÃO ALTERAR A VELOCIDADE, MAS, NÃO O EQUILÍBRIO

As enzimas têm função de aumentar a velocidade das reações sem, contudo, elevar a temperatura. Isso é resultado da diminuição da energia de ativação necessária para a ocorrência da reação. Assim, elas passam a ser chamadas catalisadores biológicos. Se caso não tivesse o trabalho das enzimas, diversas reações do nosso metabolismo aconteceriam de maneira exageradamente lenta, o que prejudicaria e muito o nosso sistema. Em particular para fins desta pesquisa efetuaremos a concentração superior na enzima do tipo oxidoredutase. Uma reação enzimática simples pode ser escrita como:



Onde E, S e P representam enzima, substrato e produto; ES e EP são complexos transitórios da enzima com o substrato e com o produto. Para entender a catálise, deve-se primeiro

avaliar a importância de distinguir entre o equilíbrio e a velocidade da reação. A função do catalisador é aumentar a velocidade da reação. A catálise não afeta o equilíbrio da reação (LEHNINGER, 2013).

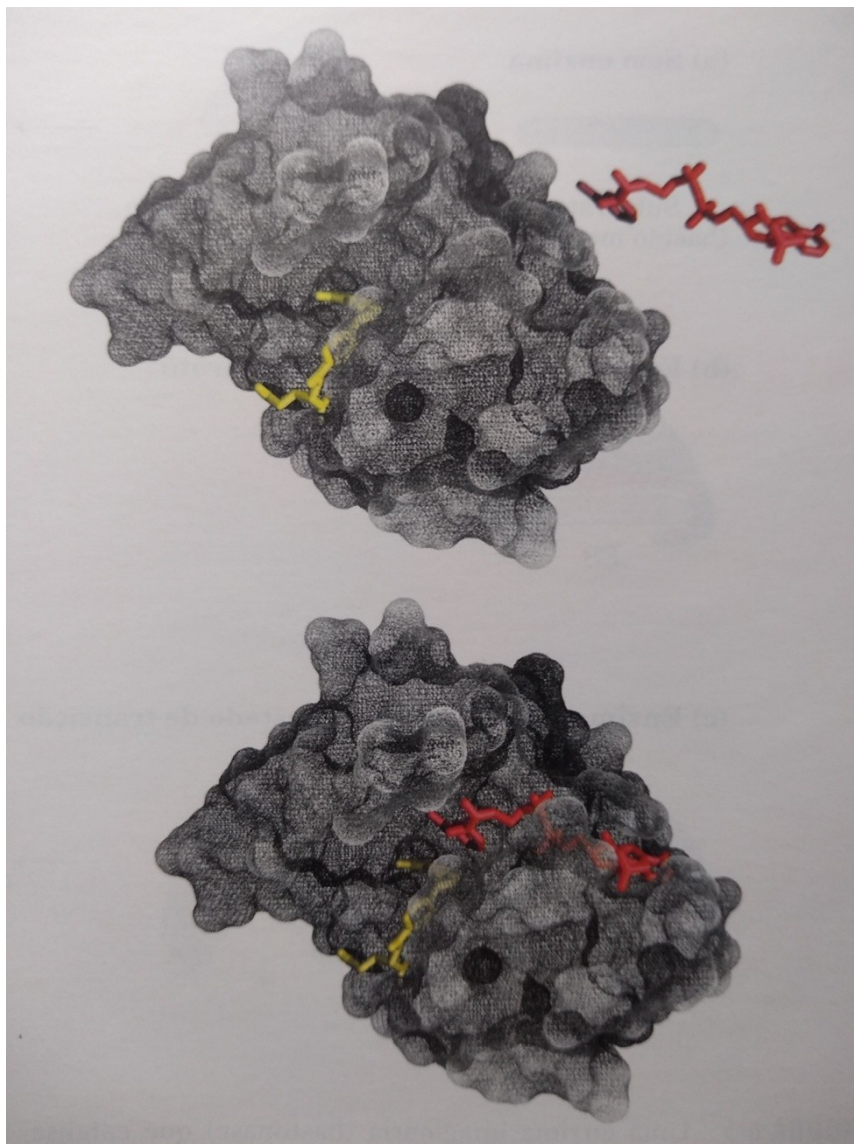
## **O PODER CATALÍTICO DAS ENZIMAS**

As enzimas são catalisadores extraordinários da ordem de 5 a 17 de magnitude, as enzimas são específicas de acordo com seu substrato correspondente. Como se dá este aumento de velocidade pode ser explicado? Qual seria a fonte de energia para esta grande diminuição das energias de ativação das reações específicas? (LEHNINGER, 2013)

Existem duas partes interconectadas para se dar esta resposta, a primeira parte se baseia em no rearranjo de ligações covalentes durante a reação catalisada da enzima. Os grupos funcionais catalíticos na enzima podem formar ligações covalentes transitórias com o substrato e ativá-lo para a reação, ou um grupo pode ser transitoriamente transferido do substrato para a enzima (LEHNINGER, 2013).

A segunda parte da explicação fundamenta-se em interações não covalentes entre a enzima e o substrato. Muito da energia necessária para diminuir a energia de ativação provém de interações fracas não covalentes entre o substrato e a enzima. O que distingue as enzimas de outros catalisadores é a presença do complexo "ES", sendo que a interação entre substrato e a enzima neste complexo é medida é medida pelas mesmas forças que estabilizam a estrutura das proteínas incluindo ligações de hidrogênio e interações hidrofóbicas e iônicas (LEHNINGER, 2013).

Figura 11 - complementaridade entre proteína e ligante

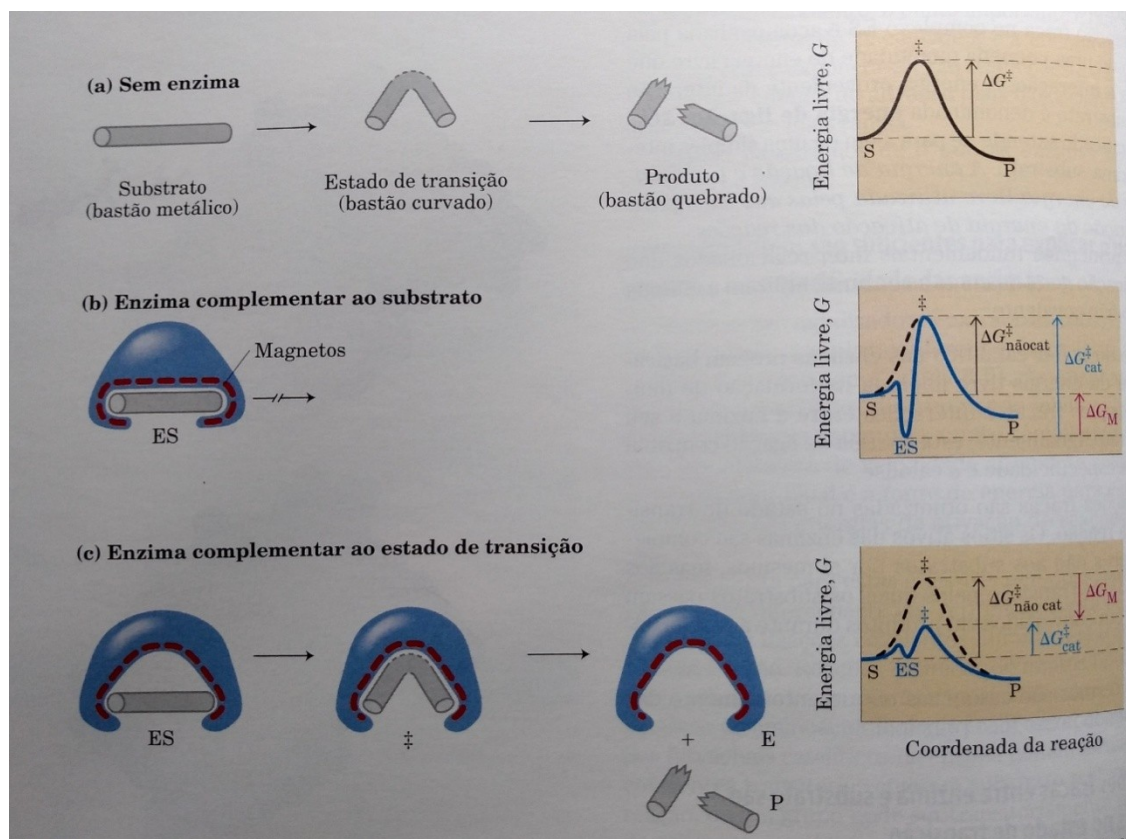


Fonte - LEHNINGER, 2013.

Complementaridade de formas entre o substrato e o seu sítio de ligação na enzima. A enzima diidrofolato-redutase com o seu substrato (em vermelho) não ligado (acima) e ligado (embaixo). O tetraidrofolato (em amarelo) também está visível (PDB 1D RA2). Neste modelo, o NADP liga-se a um bolsão que é complementar à sua forma e às suas propriedades iônicas, uma ilustração

da hipótese de chave e fechadura proposta por Emil Fischer para a ação enzimática. Na realidade, a complementaridade entre proteína e ligante (neste caso o substrato) raramente é perfeita, como visto no Capítulo 5 (LEHNINGER, 2013)

Figura 12 - Processo de catalisação de uma enzima.



Fonte - LEHNINGER, 2013.

Uma enzima imaginária (bastonete) que catalisa a quebra de um bastão metálico pode se ver na Figura 12 (LEHNINGER, 2013):

(a) Antes da quebra o bastão deve ser curvado (o estado de transição). Nos dois exemplos de bastonase, interações magnéticas representam as ligações fracas entre a enzima e o substrato.

(b) A bastonase com um bolsão magnético com a estrutura complementar a do bastão (o substrato) estabiliza o substrato. O curvamento é impedido pelas atrações magnéticas entre o bastão e bastonase.

(c) Uma enzima com bolsão complementar ao estado de transição da reação ajuda a desestabilizar o bastão, contribuindo para a catálise da reação. A energia de ligação das interações magnéticas compensa o aumento de energia livre necessária para curvar o bastão.

Os diagramas das coordenadas das reações (à direita) demonstram as consequências energéticas da complementaridade ao substrato versus a complementaridade ao estado de transição (os complexos ep estão omitidos), segundo LEHNINGER (2013).

$\Delta G_m$ , a diferença entre as energias dos estados de transição da reação catalisada e da não catalisada reflete a contribuição das interações magnéticas entre o bastão e a bastonase.

Quando a enzima for complementar ao substrato (b), o complexo "ES" é mais estável e possui menos energia livre no estado basal que o substrato isoladamente. O resultado é um aumento na energia de ativação (LEHNINGER, 2013).

## **ENZIMAS OXIDOREDUTASES**

São responsáveis por efetuar a transferência de elétrons, em definição é a oxirredução. Exemplo: desidrogenases e glicose oxidase (LEHNINGER, 2013).

## **COMO SE PRODUZ A GLICOSE OXIDASE**

A glicose oxidase é produzida na natureza pelas abelhas durante a fabricação do mel. Esta enzima é produzida, assim como, a invertase em glândulas específicas localizadas na cabeça das abelhas, e esta proteína transforma uma parte da glicose em ácido glicônico. O que concede acidez ao mel e o imuniza contra bactérias e

outros agentes de contaminação que podem fazer com que ele fermente e se torne tóxico no reservatório localizado no interior das abelhas (FERNANDES, 2019).

O mel é composto de água, açúcar, sais minerais, vitaminas, enzimas, hormônios, proteínas, etc. (KERR e AMARAL, 1986):

Água - 17,7 %; Glicose - 34%; Levedura - 40,5%; Sacarose - 1,9%; Cinzas (Sais minerais) - 0,18%. Além destes compostos tem-se também de minerais, tais como, potássio, ferro, cobre, manganês, silício, cloro, cálcio, sódio, fósforo, alumínio, magnésio, enxofre, iodo, entre tantos ABREU et al. (1986).

## **APLICAÇÕES**

Nos sistemas amperométricos, se emprega a medida eletrônica da luz que é refletida da fita reagente. Esta quantificação é realizada pela medida da corrente que é produzida quando do momento em que a glicose oxidase catalisa a oxidação da glicose para o ácido glucônico ou quando a glicose desidrogenase catalisa a oxidação de glicose para gluconolactona. Os elétrons gerados por advento desta reação são transferidos oriundos do sangue para os eletrodos. A potência da corrente resultante é proporcional à concentração de glicose na amostra sendo convertida para uma leitura no monitor (NEGRATO, 2019).

## **RESULTADOS DOS TESTES DO EXPERIMENTO**

Com os materiais a mão, foi executado o experimento nas dependências do laboratório de Bioenergia localizado no Bloco 1 da Faculdade de Ciências Agrárias (FCA), Setor Sul no Minicampos da Universidade Federal do Amazonas (UFAM),

sob os auspícios da professora orientadora Eyde C. S. Bonatto.

Para compor a solução bio-eletrolítica e as biopilhas (conjunto de dois béqueres), foram dispostos os seguintes materiais:

Foi mensurado um quantitativo de 500 ml de melaço de cana;

Foram mensurado 10 ml de mel de abelha;

10 g de fermento biológico;

500 ml de cachaça a 39%;

55, 3 g de arame galvanizado, composto de zinco (Zn);

120 g de cobre (Cu);

20 ml de água de torneira.

Estando todos os materiais em um vasilhame procedeu-se a mistura dos mesmos para o experimento. A mistura foi deixada em repouso por 24 horas, a partir do dia 12 de dezembro as 16:00 de 2019, para que a fermentação ocorresse. Após este lapso temporal adicionou-se 20ml de água de torneira.

Observando também que cada eletrodo de cobre possui em média tem 20g e cada eletrodo de arame galvanizado em média 9g.

Incorreu-se no procedimento de medição da corrente instalando as pontas de prova do multímetro nos respectivos elétrodos, sendo que se convencionou que o ânodo (polo positivo) seria representado pelo eletrodo de zinco (pedaço de fio de zinco) e o cátodo (polo negativo) para o eletrodo de cobre (feixes de fio de cobre).

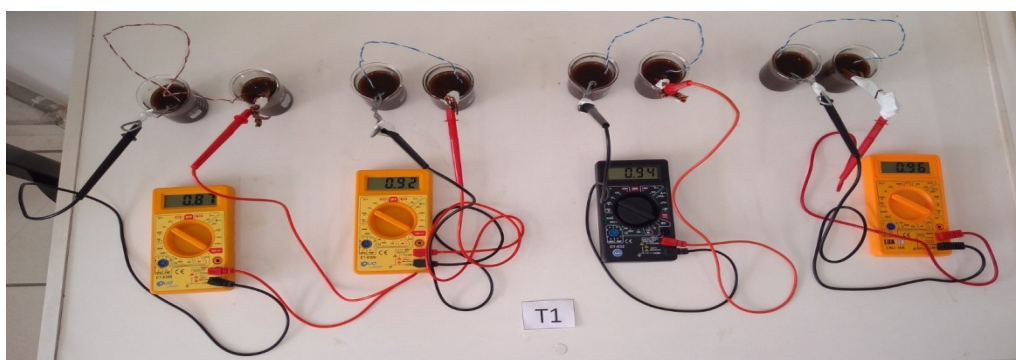
E para evitar curto-circuito separou-se os dois eletrodos em os béqueres de 150 ml, para cada conjunto de dois béqueres. O experimento foi dividido em três etapas que são T1, T2 e T3):

### 1ª) Etapa (T1):

No dia 18/12/2019, dispendo 4(quatro) conjuntos de béqueres cada um de 50 ml contendo a solução eletrolítica, procedeu-se a montagem do sistema da biobateria. Nesta etapa empregou-se 100% de solução eletrolítica para o experimento.

A medição da tensão foi feita por 4(quatro) multímetros, e cada par de béqueres possui uma ponte de ligação (um pedaço de fio de cobre) que possui a finalidade de promover um fluxo de cargas positivas e negativas entre os dois béqueres, este padrão se repete para os demais experimentos.

**Figura 13** - Primeira bateria do experimento (T1).



Fonte: Próprio autor

Registrou-se as seguintes leituras da esquerda para direita a partir do primeiro par de béqueres: 0,87 V; 0,92 V; 0,94 V; 0,96 V.



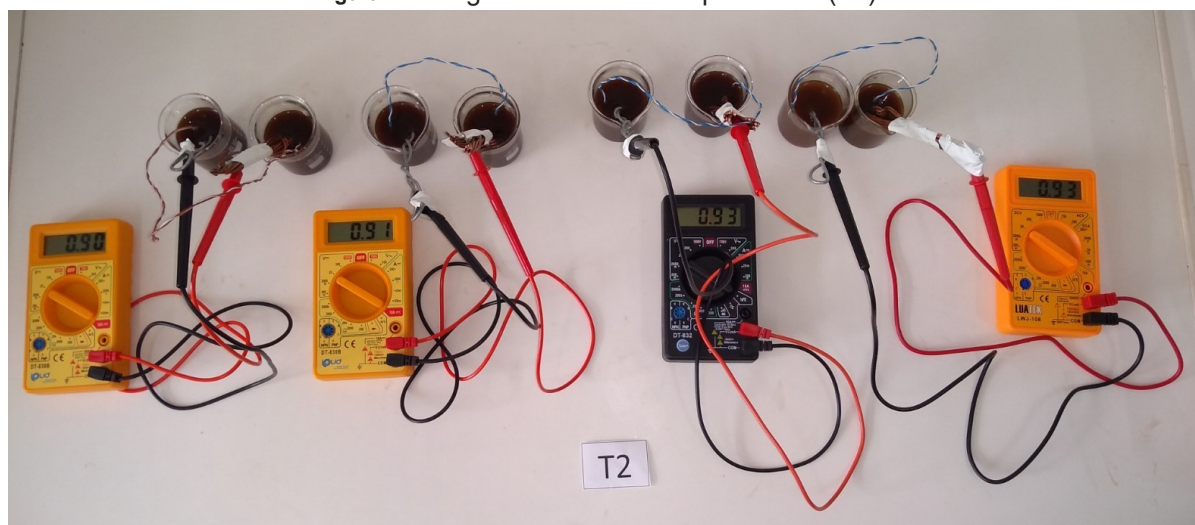
## 2ª Etapa (T2)

Procedeu-se a mensuração de 60% de solução eletrolítica e 40% de cachaça a 39%, que vale lembrar:

A **cachaça** é uma bebida genuinamente brasileira, com teor de etanol entre 38% e 54% em volume, a 20 °C, obtida através da destilação do caldo de cana-de-açúcar fermentado (PINHEIRO, 2015).

Dispondo o conjunto da mesma maneira que o experimento anterior se procedeu esta etapa.

Figura 14 - Segunda bateria do experimento (T2).



Fonte - Próprio autor

Registrou-se as seguintes leituras da esquerda para direita a partir do primeiro par de béqueres: 0,90 V; 0,91 V; 0,92 V; 0,93 V.

Observou-se também que o eletrodo de cobre apresentou um certo polimento, deixando-o brilhante. Ao passo que o eletrodo de zinco apresentou um certo escurecimento em sua superfície.

### 3ª Etapa (T3)

Da mesma forma que foi feito nas etapas, anteriores manteve-se o conjunto, contudo, nesta etapa procedeu-se a mensuração de 50% de solução eletrolítica para 50% de cachaça a 39%.

Na terceira etapa registrou-se as seguintes leituras da esquerda para direita a partir do primeiro par de béqueres: 0,90 V; 0,90 V; 0,91 V; 0,93 V.

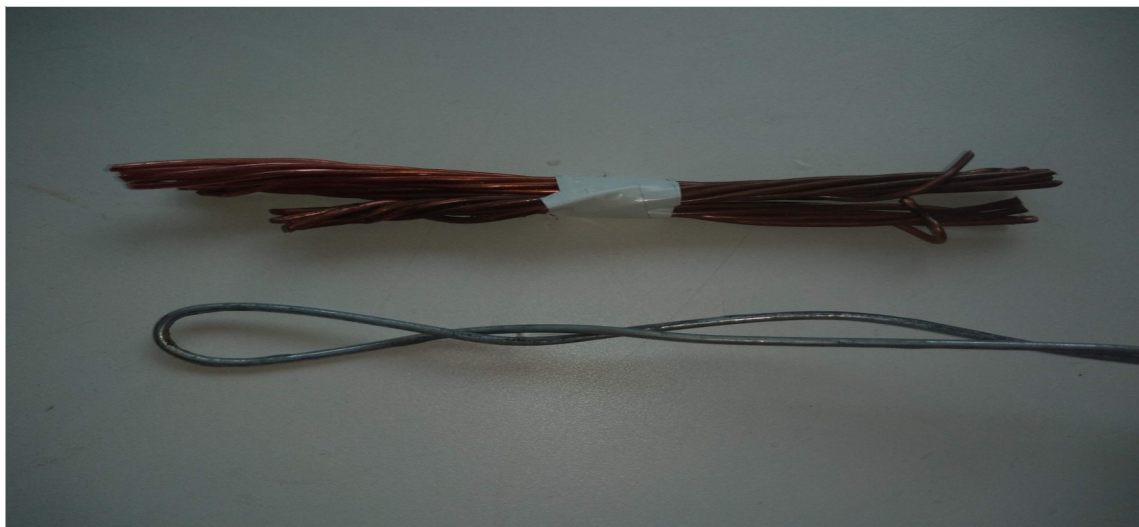
**Figura 15** - Terceira bateria do experimento (T3).

Fonte - próprio autor



Observou-se que a tensão geral dos conjuntos variou de 2,55 V a 2,59 V, o que se fez necessário simular um experimento unindo todos os pares de biopilhas.

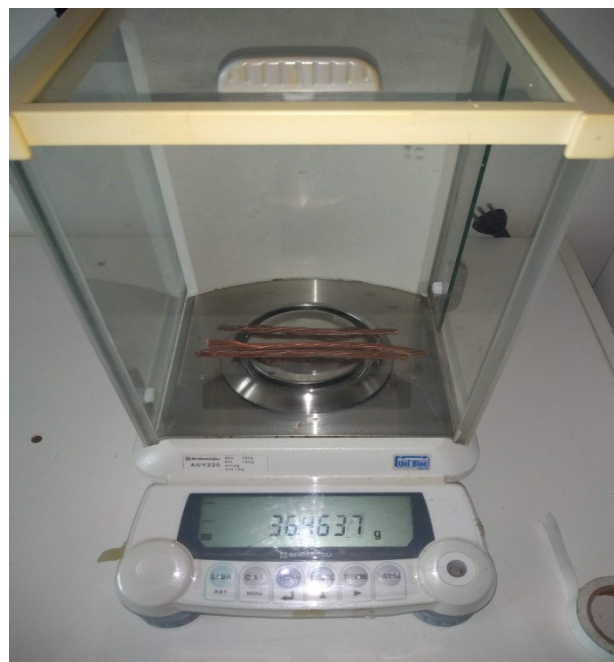
**Figura 16** - A ação da reação química nos fios de cobre (feixe superior) e de zinco (feixe inferior).



F  
o  
n  
t  
e  
:

Próprio autor.

**Figura 17** - Visão geral da balança de precisão empregada no experimento, observando no display do equipamento a leitura de 12,1009 g do quantitativo inicial de fio de cobre, primeira foto da esquerda para direita. Aumento do quantitativo para 36,4637 g na foto da direita para a esquerda.



Fonte: Próprio autor.

## SIMULAÇÃO DE UMA BATERIA DE 3 V

Juntando todas quatro biopilhas obteve-se o 3V de tensão, este procedimento foi feito unindo-se os pares de béqueres por meio de um fio de cobre duplo (ponte de ligação) para promoção de fluxo de cargas no sistema como um todo. Observou-se também que o ânodo (+) de zinco e do cátodo (-) de cobre, o primeiro apresentou um certo brilho em sua superfície metálica, e o segundo um certo escurecimento em sua extremidade (Figura 19).

**Figura 18 - Biopilha de 3 V.**



Fonte - Próprio Autor

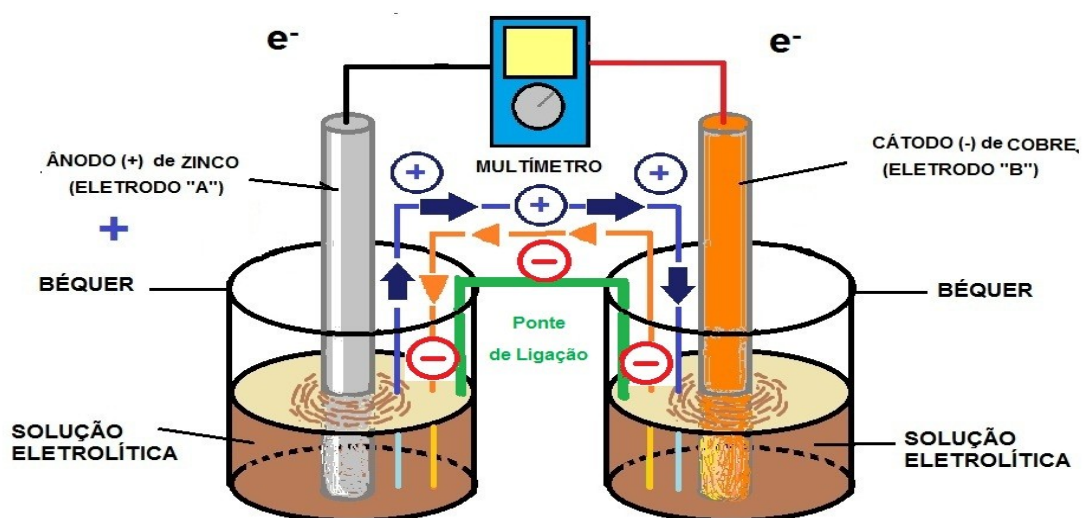
Figura 19 - Estado geral do ânodo (+) de zinco e do cátodo (-) de cobre.



Fonte: Próprio autor.

## ESQUEMA DEMONSTRANDO UMA BIOPILHA

Figura 20 - Esquema de uma biopilha de laboratório



Fonte: Próprio autor.

Neste esquema verifica-se a disposição dos componentes do experimento, onde se vê os dois eletrodos imersos na solução eletrolítica (composto orgânico) e o fluxo de elétrons vindos do cátodo de cobre (eletrodo "a"), via multímetro com suas pontas de prova (cabos vermelhos (+) e preto (-)), para ânodo de zinco (eletrodo "b").

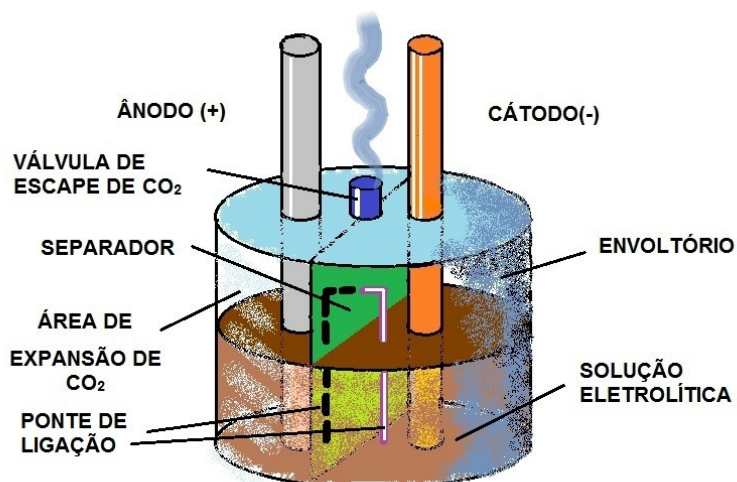
Figura 21 - A corrente elétrica sentido real e sentido convencional.



Disponível em:

<<https://www.infoescola.com/fisica/corrente-eletrica>> Acesso em: nov. de 2019.

Figura 22 - Esquema de uma Biopilha.



Fonte: Próprio autor.

Neste esquema pode-se ver uma biobateria, com seus eletrodos instalados em um envoltório em forma de cilindro, distantes um do outro por um separador que visa evitar curto circuito, inviabilizando, assim, a transmissão de cargas de maneira eficiente. Se vê também na parte superior do envoltório uma válvula de escape do CO<sub>2</sub> produzido durante a reação, evitando a ruptura do invólucro por expansão do CO<sub>2</sub>. Na parte vaga acima da solução eletrolítica tem-se um espaço de expansão para este gás. O ÁNODO (+) é de Zinco (Zn) e o CÁTODO é de Cobre (Cu).

## RESULTADOS

Através deste experimento se constatou que um composto que passou pela fermentação alcoólica de melaço de cana fermentado por fermento biológico (fungo *Saccharomyces cerevisiae*), gera cargas elétricas, porém, para poder liberar estas cargas para uma função útil, precisa-se de uma enzima, no caso a glicose oxidase que está presente no mel de abelha.

Por meio deste experimento, se constatou que estas cargas se encontram inertes na solução eletrolítica da fermentação alcoólica, contudo, não podem ser "capturadas" pelo eletrodo sem o auxílio da enzima.

Tendo sido feita a primeira etapa de leituras por meio de um multímetro, observou-se um valor de potencial significativo de cargas elétricas. Dois fatores otimizaram a captura de elétrons: a adição de água e o aumento de quantitativo de fio de cobre ao composto. Ambos fatores são fundamentais para que se potencialize a aquisição destas cargas na solução eletrolítica, por conseguinte fomentem um fluxo importante de elétrons.

Neste sistema de geração de energia, compostos de dois eletrodos, um de cobre e outro de zinco, inseridos em um composto orgânico fermentado (solução bio-eletrolítica), ambos contido em dois béqueres distintos, ocorreu uma reação



aonde a superfície do eletrodo de COBRE, que denominamos a este de CÁTODO (-), que corresponde ao PÓLO NEGATIVO, apresentou um polimento e um certo brilho, depois de um certo tempo de imersão. Isto se dá devido a ação de descargas de elétrons (cargas negativas) para a outra solução contida no outro béquer com o fio de zinco, via ponte de ligação. Este processo corresponde à REDUÇÃO.

Este eletrodo de ZINCO denominamos de ÂNODO (+), que corresponde ao PÓLO POSITIVO, e que trabalha recebendo os elétrons carregados, que passam pela ponte de ligação, vindos do outro béquer contendo também a solução eletrolítica, com eletrodo de cobre. Este ÂNODO (+) de zinco, promove a descarga de cargas positivas provenientes da solução bio-eletrolítica a que está imerso, através da ponte de ligação, ocorre também um fluxo de cargas positivas deste ÂNODO em direção ao CÁTODO. Este processo corresponde a OXIDAÇÃO.

Vale ressaltar que ao final do experimento se produziu  $\text{CO}_2$ , água e álcool.

Esta etapa demonstra que existe um fluxo de elétrons importante no sistema, e que o transporte dessas cargas para os eletrodos só ocorre dado a presença da enzima contida no mel de abelha. Futuramente este experimento pode servir para o desenvolvimento de uma biotecnologia voltada para projetos e construção de biobaterias e afins. Assim, pode atender à solicitação cada vez mais crescente de meios alternativos de geração de energia, com benefícios e colaboração para a preservação do meio ambiente.

Outra importante contribuição deste projeto é o fato de colaborar, no porvir, para que se preserve as abelhas e, por conseguinte, na proteção de espécies de plantas que são polinizadas por esses insetos.

Observou-se que a adição de álcool para fins de formação de ácido acético (NETO et al, 2006) e, por conseguinte, otimizar a eletrólise não surtiu efeito positivo algum no aumento de tensão gerada no sistema.

## RESULTADO FINAL

A biotecnologia não é mais uma projeção futurista dos filmes de ficção científica, a exemplo do antológico “Admirável mundo novo” baseado na obra de mesmo nome do escritor britânico Adous Huxleyem em 1931, e das histórias em quadrinhos, em particular na obra dos anos de 1984 e 1985 do escritor e quadrinista americano Frank Miller intitulada “Ronin” que fala da história fictícia da reencarnação de um samurai em um mundo futurista dominado por um demônio cibernético chamado “Agat”, aonde a tecnologia vigente era manifestada por biocircuitos que eram estruturas eletrônicas provenientes da biotecnologia, sendo empregados em quase todas as operações domésticas e industriais no dia – a – dia, e sendo capazes também de se auto - replicar, largamente usados inclusive para suporte de comunicação e transporte de dados. Nos dias atuais a nano tecnologia já envereda por este caminho, com produtos que vão de nano - circuitos a nano – robôs, empregados em diversas campos como o da medicina, computação, física, química tecnologia da informação.

Existem diversos tipos geração de energia, tais como, geração por energia eólica, solar, nuclear, biomassa, através de combustíveis fósseis e hidrelétrica, porém, o sistema de armazenamento de energia, independentemente de sua origem, não mudou nada desde que o físico-químico Alessandro Volta (1745-1827) criou a primeira bateria. Assim sendo, é mister que se promova o desenvolvimento de tecnologia para que se enquadre nesta solicitação de um contexto histórico que prima por geração de energia limpa e não prejudicial ao meio ambiente.

O presente trabalho configura em um empreendimento pioneiro, que pode viabilizar projetos de uma bateria ecológica num por vir.

## REFERÊNCIAS

- A *Fabricação do Mel de Abelha*. s.d. <<https://segredosdomundo.r7.com/mel/>> (acesso em novembro de 2019).
- “Bagaço de cana um subproduto nobre.” s.d. <<https://www.sergomel.com.br/conteudo/bagaco-da-cana-de-acucar-como-pode-ser-utilizado.html>> (acesso em novembro de 2019).
- “Bio bateria que gera energia a partir de açúcar.” s.d. <<https://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=010115070824&id=010115070824#.XdBitvjmOyU>> (acesso em setembro de 2019).
- CRESPILHO, FRANK. “Pesquisa descobre como é a reação química que transforma açúcar em energia. .” *Portal G1*. s.d. <<https://g1.globo.com/sp/sao-carlos+regia/noticia/pesquisa-descobre-como-e-reacao-quimica-que-transforma-acucar-em-energia.ghtml>> (acesso em novembro de 2019).
- FURASTÉ, PEDRO AUGUSTO. *Normas Técnicas para o Trabalho Científico*. Porto Alegre: Dáctilo Plus, 2002.
- HENNIG, GEORG . *Metodologia do Ensino de Ciências*. Porto Alegre: Mercado Aberto LTDA, 1994.
- Informação, Virtuous Tecnologia da. “Fermentação alcoólica.” *Só Biologia*. 2008. <[https://www.sobiologia.com.br/conteudos/bioquimica/bioquimica3\\_2.php](https://www.sobiologia.com.br/conteudos/bioquimica/bioquimica3_2.php)> (acesso em 12 de novembro de 2019).
- LIMA, A. U., E. AQUARONE, W. BORZANI, e W. SCHMIDELL. *Biotecnologia Industrial*. VOL 3. São Paulo: Edgard Blucher LTDA, 2001.
- LOPES, S., e S. ROSSO. *Biologia*. São Paulo: Saraiva, 2005.
- NEGRATO, DR. CARLOS. “Esclarecimentos quanto à metodologia utilizada nos monitores de glicemia capilar (glicosímetros) e erros mais frequentes na prática clínica.” s.d. <<https://www.diabetes.org.br/publico/colunas/32-dr-carlos-negrato/193-esclarecimentos-quanto-a-metodologia-utilizada-nos-monitores-de-glicemia-capilar-glicosimetros-e-erros-mais-frequeentes-na-pratica-clinica>> (acesso em novembro de 2019).
- NELSON, D. L., e M. M. COX. *Princípios de Bioquímica de Lehninger*. Porto Alegre: Artmed, 2011.

- NETO, A. OLIVEIRA. *Eclética Química*. 10 de 03 de 2006. <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-46702006000100010](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-46702006000100010)> (acesso em 15 de 01 de 20).
- SCHMIDELL, W., A. U. LIMA, E. AQUARONE, e W. BORZANI. *Biotecnologia Industria. VOL 2*. São Paulo: Edgard Blucher LTDA, 2001.
- SEVERINO, ANTÔNIO JOAQUIM. *Metodologia do Trabalho Científico*. São Paulo: Cortez, 2001.
- VARGAS, JENNIFER ROCHA. “Eletrólise com eletrodos ativos.” s.d. <<https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/quimica/eletrolise-com-eletrodos-ativos.htm>> (acesso em novembro de 2019).
- YOUNG, H. D., e R. A. FREEDMAN. *Física III Eletromagnetismo*. São Paulo: Pearson, 2013.