



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO - UFRPE

DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA

ANGELA CECÍLIA SOARES GUERRA

**BIOSENSOR COMO PROPOSTA ALTERNATIVA PARA O ENSINO
DE ELETROQUÍMICA**

Recife
2018

ANGELA CECÍLIA SOARES GUERRA

**BIOSSENSOR COMO PROPOSTA ALTERNATIVA PARA O ENSINO
DE ELETROQUÍMICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito para a obtenção do título de Licenciado, pelo Curso de Licenciatura em Química da Universidade Federal Rural de Pernambuco.

Orientadora: Prof^a. Dra. Sandra Rodrigues de Souza.

Co-orientadora: Prof^a. Dra. Kátia Cristina Silva de Freitas.

Recife
2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca Central, Recife-PE, Brasil

G934b Guerra, Angela Cecília Soares.
Biossensor como proposta alternativa para o ensino de
eletroquímica / Angela Cecília Soares Guerra. – Recife, 2018.
45 f.: il.

Orientador(a): Sandra Rodrigues de Souza.

Coorientador(a): Kátia Cristina Silva de Freitas.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade
Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Química, Recife,
BR-PE, 2018.

Inclui referências e apêndice(s).

1. Biossensor 2. Didática 3. Eletroquímica – Ensino I. Souza,
Sandra Rodrigues de, orient. II. Freitas, Kátia Cristina Silva de,
coorient. III. Título

CDD 540

ANGELA CECÍLIA SOARES GUERRA

**BIOSSENSOR COMO PROPOSTA ALTERNATIVA PARA O ENSINO
DE ELETROQUÍMICA**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito para a
obtenção do título de Licenciado, pelo
Curso de Licenciatura em Química da
Universidade Federal Rural de
Pernambuco.

Aprovado em: ____ / ____ / 2018

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dra. Sandra Rodrigues de Souza
Orientadora
DEd-UFRPE

Prof^a. Dra. Kátia Cristina Silva de Freitas
Examinadora
DQ-UFRPE

Prof^a. Dra. Simone Gomes da Silva
Examinadora
CCS-UFRPE

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades.

A esta universidade, seu corpo docente, direção e administração que oportunizaram a janela que hoje vislumbro um horizonte superior, eivado pela acendrada confiança no mérito e ética aqui presentes.

A minha orientadora Prof^a. Dra. Sandra Rodrigues de Souza, pelo suporte no pouco tempo que lhe coube, pelas suas correções e incentivos. E a minha co-orientadora Prof^a. Dra. Kátia Cristina Silva de Freitas

Aos meus pais, pelo amor, incentivo e apoio incondicional.

A minha amiga e irmã Turíbia Gomes de Oliveira e a amiga Danúbia Vieira de Melo e a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigada.

“Não sois máquinas! Homens é que sois!”
Charles Chaplin.

RESUMO

Relatamos uma investigação direcionada aos discursos ocorridos com os alunos do 3º ano do ensino médio de uma escola pública localizada no bairro de Santo Amaro/Recife-PE, apresentando como objetivo analisar o tema biossensor como proposta didática complementar ao ensino de eletroquímica. Para tanto, foi elaborada uma sequência de atividades envolvendo diagnose, aula expositiva, e dialogada, experimentação, contextualização e problematização. Resultados mostraram que é possível trabalhar com o tema biossensor no ensino médio para estimular os alunos e alunas a usarem o conhecimento científico. Os alunos(as) que apresentaram dificuldades em compreender os conceitos químicos de oxidação/redução e pilha após as estratégias didáticas utilizadas é um resultado que é aceitável, pois os conteúdos que envolvem os princípios da eletroquímica têm sido frequentemente apontado por professores e estudantes do ensino médio como um dos assuntos que representa grandes dificuldades no processo ensino-aprendizagem. Devido ao bom desempenho dos alunos que se dispuseram a participar desta pesquisa, podemos considerar que a proposta mostrou ser uma estratégia útil para a produção de respostas e explicações sobre o conhecimento dos princípios da eletroquímica. Mesmo para os alunos que não alcançaram a compreensão deste conteúdo, os resultados sinalizaram que ações como esta podem constituir uma ferramenta que auxilia aos alunos e alunas na tomada da consciência sobre o modo como compreendem as dificuldades que envolvem os conceitos da eletroquímica ao não saber solucionar as questões propostas.

Palavra-chave: Biossensor. Didática complementar. Ensino de eletroquímica.

ABSTRACT

We report an investigation directed to the speeches that occurred as the students of the 3rd year of high school in a public school located in the neighborhood of Santo Amaro / Recife-PE, aiming to analyze the biosensor theme as a didactic proposal complementary to the teaching of electrochemistry. For that, a sequence of activities involving diagnosis, expository class, and dialogue, experimentation, contextualization and problematization were elaborated. Results showed that it is possible to work with the biosensor theme in high school to encourage students to use scientific knowledge. The students who presented difficulties in understanding the chemical concepts of oxidation / reduction and pile after didactic strategies used is a result that is acceptable because the contents involve the principles of electrochemistry have often been pointed out by teachers and high school students as one of the issues that represents great difficulties in the teaching-learning process. Due to the good performance of the students who were willing to participate in this research we can consider that the proposal proved to be a useful strategy for the production of answers and explanations about the knowledge of the principles of electrochemistry. Even for the students who did not reach the understanding of this content, the results indicated that actions like this can be a tool that helps the students to become aware of how they understand the difficulties involved in the concepts of electrochemistry issues.

Keyword: Biosensor. Complementary didactics. Teaching of electrochemistry.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Questionário utilizado para análise das concepções prévias dos(as) alunos(as).....	24
Quadro 2. Questionário utilizado a respeito das questões apresentadas na figura 8 para análise das respostas dos(as) alunos(as).....	30

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Representação esquemática de um biossensor.....	15
Figura 2. Esquema geral de funcionamento de um biossensor	18
Figura 3. Variação do potencial em função do tempo (esquerda) e obtenção de um voltamograma cíclico (direita). E_1 , E_{max} , E_{min} , E_f , correspondem aos potenciais inicial, máximo, mínimo e final, respectivamente.....	20
Figura 4. Slides apresentados no início da aula, para contemplar.....	25
Figura 5. História dos biossensores.....	25
Figura 6. Funcionamento de um biossensor para determinação de glicose.....	26
Figura 7. Funcionamento de um biossensor para determinação de triglicerídeos.....	27
Figura 8. Questionamentos apresentados para os alunos.....	28
Figura 9. Biossensor natural.....	29

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	12
2.1 Eletroquímica	12
2.2 Biossensores	14
2.3 Evolução teórica dos biossensores	16
2.4 Funcionamento de um biossensor	17
2.5 Biossensores eletroquímicos	19
3 METODOLOGIA	22
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
5 CONCLUSÃO	39
REFERÊNCIAS	41
APÊNDICE 1	44
APÊNDICE 2	45

1 INTRODUÇÃO

O biossensor teve origem no ano de 1962, pelo cientista Leland C. Clark a partir do desenvolvimento de eletrodos de enzimas (RIBEIRO JÚNIOR, 2015).

Classificados como pequenos dispositivos, os biossensores utilizam reações biológicas a fim de detectar os analitos-alvo.

Esses biodispositivos conseguem combinar um componente biológico, o qual interage com um abstrato alvo, a um transdutor físico, convertendo os processos de biorreconhecimento em sinais mensuráveis. É bem vantajoso seu uso, visto serem altamente sensíveis e seletivos, fáceis em relação ao desenvolvimento, além de acessíveis e prontos para o uso.

Estes têm aduzido maior progresso nos últimos anos, decorrente da necessidade de testes analíticos simples, rápidos e baratos para determinação de importantes compostos químicos e biológicos que se encontrem em concentrações muito baixas (ALFAYA; KUBOTA, 2002).

Pesquisas científicas revelam que estes biodispositivos estão sendo bastante utilizados como ferramenta para a explicação de processos químicos e bioquímicos para elucidar processos e fenômenos biológicos tendo como base o conhecimento químico.

Na área de ensino, situações reais e que facilitam a produção de interpretações explicativas intermediadas pelos professores no ensino médio ou superior utilizar o tema biossensor como recurso didático torna possível ao estudante envolver-se de modo interativo em discussões teóricas e práticas em diferentes áreas da Química, Física e Biologia.

Nesta direção, temas que geram discussões e questionamentos para encontrar respostas e explicações para o fenômeno observado (modelo macroscópico) através do embasamento teórico (modelo microscópico) e tendo como consequência a elaboração do representacional (MALDANER; ZANON, 2007) facilitam a contextualização e compreensão dos conteúdos de química para o ensino médio.

A pesquisa apresentada parte do olhar direcionado aos discursos ocorridos em sala de aula com o intuito de analisar o tema biossensor como proposta didática para o ensino de eletroquímica aos alunos do ensino médio de uma escola pública localizada no bairro de Santo Amaro-Recife/PE. Assim objetivamos a identificar os

conhecimentos prévios dos alunos, necessários para o ensino de eletroquímica; verificar as facilidades e dificuldades dos alunos do 3ºano do ensino médio em compreender os conceitos envolvendo eletroquímica, pilhas e baterias; utilizar o biossensor como ferramenta didática para compreender e interpretar os conceitos de eletroquímica.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

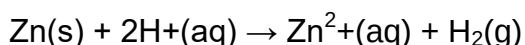
2.1 Eletroquímica

A eletroquímica é a área da química responsável por estudar as reações referentes às transferências de elétrons, bem como, da conversão de energia química em elétrica. Essa técnica se aplica na fabricação de diversos aparelhos utilizados no dia a dia, a exemplo dos celulares, das calculadoras, lanternas e outros. No ramo da eletroquímica, as reações mais estudadas são as oxirreduções, caracterizadas pela perda e pelo ganho de elétrons, ou seja, quando acontece a transferência de elétrons de uma espécie para a outra.

Segundo o Toda Matéria (2017, p. 1):

Como o seu nome indica, as reações de oxirredução ocorrem em duas etapas: Oxidação: Perda de elétrons. O elemento que provoca a oxidação é chamado de agente oxidante. Redução: Ganho de elétrons. O elemento que provoca a redução é chamado de agente redutor.

Para se saber ganhos e perdas de elétrons, é necessário se conhecer os números de oxidação dos elétrons, como no exemplo a seguir:



O Zinco (Zn^{2+}) se oxida quando perde dois elétrons, no mesmo instante em que se provoca a redução do íon de hidrogênio. Por essa razão é que ele é o agente redutor. O íon (H^+) consegue ganhar elétron e sofre redução, o que provoca a oxidação do zinco.

O estudo a eletroquímica se relaciona a pilhas e a eletrólise, processos distintos de transformação de energia. No primeiro, a pilha converte a energia química em eletricidade de maneira espontânea, já no segundo, a energia elétrica é convertida para química, maneira não espontânea.

A pilha também é denominada de célula eletroquímica, sendo um sistema onde acontece a reação da oxirredução. Ela tem sua composição de dois eletrodos e um eletrólito, os quais, conjuntamente, produzem energia elétrica. Ao se conectarem várias ilhas, forma-se uma bateria.

O eletrodo é a área mais sólida condutora, a qual possibilita a troca de elétrons. Quando nele acontece a oxidação, é chamado de ânodo, representando o polo negativo da pilha. Se acontecer a redução do Cátodo, é o polo positivo da pilha.

De acordo com Toda Matéria (2017, p. 1):

Os elétrons são liberados no ânodo e seguem por um fio condutor até o cátodo, onde ocorre a redução. Assim, o fluxo de elétrons segue de ânodo para o cátodo. O eletrólito ou ponte salina é a solução eletrolítica condutora dos elétrons, permitindo a sua circulação no sistema. Em 1836, John Fredric Daniell construiu um sistema que ficou conhecido como Pilha de Daniell. Ele interligou, com um fio metálico, dois eletrodos. Um eletrodo consistia em uma placa de zinco metálico, mergulhado em uma solução aquosa de sulfato de zinco (ZnSO_4), representando o ânodo. O outro eletrodo consistia em uma placa de cobre metálico (Cu), imerso em uma solução de sulfato de cobre (CuSO_4), representava o cátodo.

Salienta-se que no cátodo acontece a redução do cobre, já no ânodo, a oxidação do zinco. Essa reação pode ser visto no esquema a seguir:

Cátodo: $\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}^0(\text{s})$

Ânodo: $\text{Zn}^0(\text{s}) \rightarrow \text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^-$

Equação Geral: $\text{Zn}^0(\text{s}) + \text{Cu}^{2+}(\text{aq}) \rightarrow \text{Cu}^0(\text{s}) + \text{Zn}^{2+}(\text{aq})$

O “|” representa as diferenças de fases entre reagentes e produtos.

A eletrólise é uma reação de oxirredução que acontece de maneira não espontânea, ocorrida por causa da passagem de corrente elétrica provocada por uma fonte externa. Ela pode ser ígnea ou aquosa. A primeira se processa por meio de um eletrólito fundido, ou seja, pelo processo de uma fusão, já a segunda, utiliza-se a água como solvente ionizante. Em uma solução aquosa, a eletrólise pode se realizar com eletrodos inertes ou ativos.

Em relação às aplicações da eletroquímica, pode ser vistas nas reações do corpo humano, em fabricações de aparelhos eletrônicos, carregamento de baterias, revestimento de peças de ferro ou aço com zinco metálico, ou seja, galvanoplastia, além de outras aplicações diversas.

A ferrugem dos metais forma-se a partir da oxidação do ferro metálico (Fe), a cátion ferro (Fe^{2+}), quando entrarem em contato com água ou ar. Considera-se a ferrugem como um tipo de corrosão eletroquímica e o revestimento com zinco metálico consegue impedir que o ferro entre em contato com o ar, o que impede o processo de enferrujamento.

2.2 Biossensores

Várias definições são usadas dependendo do campo de aplicação, no geral “biossensor” é o termo curto para “sensor biológico”.

Os sensores que utilizam material biológico, imobilizado em uma membrana adequada, e conectado a um transdutor, que monitoraram o aparecimento de reagentes ou produtos da reação do material biológico com o analito de interesse, convertendo este sinal biológico em sinal elétrico, logo são classificados como biossensores (THÉVENOT, 2001).

A literatura científica começou a utilizar o termo biossensor a partir do final da década de 1970, apesar de que o seu conceito de base, bem como sua comercialização, já existissem antes desse período. (D’ORAZIO, 2011).

Esses dispositivos têm capacidade de fazer a detecção das variações químicas ou físicas de um sistema quando este for exposto a determinadas substâncias biológicas.

Tais variações são recebidas como transformações na concentração ou na polaridade de um sinal elétrico como condutividade elétrica, frequência de ressonância ou diferença de potencial (GREENSHIELDS, 2011). Dessa maneira, eles são usados para medir diretamente um analito ou abstrato em uma amostra, onde o sinal gerado é proporcional à concentração de abstrato (LOJOU; BIANCO, 2006).

Santos e Alves (2016, p. 17) explicam que:

Os biossensores empregados nos processos de interação biológica podem também ser subdivididos em duas grandes categorias de sensores: sistemas de medição direta e indireta. Nos casos onde é feita diretamente, o biossensor se baseia numa medição direta de um fenômeno físico que ocorre durante uma reação bioquímica na superfície do transdutor. Enquanto que quando realizada indiretamente o biossensor necessita de um analito alvo, por exemplo, a enzima.

Entre as escolhas direta e indireta, o primeiro trata-se de uma utilização simplificada, possuindo maior estabilidade, já o segundo é mais sensível, contendo baixo custo e tempo operacional simplificado. Assim, a melhor opção dependerá das características do sistema que será empregado (LIU; CAO; LU, 2009).

Como qualquer dispositivo eletrônico, os biossensores possuem características específicas, as quais definem sua qualidade, incluindo a estabilidade operacional, a seletividade, a precisão, a sensibilidade, o baixo tempo de resposta e

a reprodutibilidade dos resultados. Outras características também poderão facilitar o manuseio dos biossensores como as dimensões, o tempo de vida útil e o baixo consumo de custo e de energia (QUINTINO, 2003).

São três os principais componentes dos biossensores: o elemento de reconhecimento biológico, que tem a função de identificar o estímulo; o transdutor, responsável por converter o estímulo gerado em um sinal mensurável; e o sistema de processamento de sinal, que trata da amplificação e da exibição dos dados em um apropriado formato (PERUMAL; HASHIM, 2014).

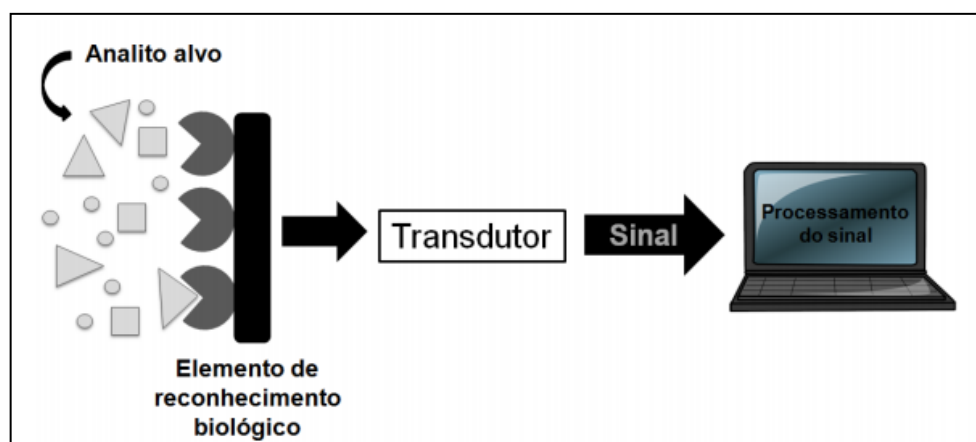


Figura 1. Representação esquemática de um biossensor
Fonte: (ALVES, 2014 - adaptado de Ronkainen).

Em biossensores com transdutor eletroquímico, apresenta o eletrodo de trabalho com o material biológico e o de referência, ambos são imersos em um meio eletrolítico, gerando campo elétrico devido à diferença de potencial eletroquímico medida em Volts (V). Devido ao campo elétrico formado, o qual é detectado conectando os dois eletrodos a um multímetro.

Nas pesquisas científicas revelam que os biossensores estão sendo bastante utilizados como ferramenta para a explicação de processos químicos e bioquímicos (SOUZA *et al.*, 2001).

Esses dispositivos são aplicados no controle ambiental, nas indústrias alimentícias e também, nas indústrias farmacêuticas e no diagnóstico clínico (FURTADO *et al.*, 2008).

Na área de ensino, situações reais que facilitam a produção de interpretações explicativas intermediadas pelos professores no ensino médio ou

superior, a construção de um biossensor como um recurso didático torna possível ao estudante envolver-se de modo interativo em discussões teóricas e práticas em diferentes áreas da Química, Física e Biologia (LEHNINGER; NELSON; COX. 2007).

Nesta direção, as aulas experimentais utilizadas como estratégias pedagógicas dinâmicas devem ter como principal eixo a problematização, que gera discussões e questionamentos para encontrar respostas e explicações para o fenômeno observado (modelo macroscópico) através do embasamento teórico (modelo microscópico) e tendo como consequência a elaboração do representacional (MALDANER; ZANON, 2007).

Esse contexto apresentado sobre o ensino de química e as atividades experimentais enfatiza a ineficácia de experimentos que apenas fascinam, sem manter um diálogo entre o conhecimento teórico (modelo microscópico) e o fenomenológico (modelo macroscópico) do conhecimento químico.

Antes de adentrarmos no estudo dos biossensores, se faz necessária uma explanação sobre sua evolução na comunidade científica.

2.3 Evolução teórica dos biossensores

A origem dos primeiros estudos relacionados ao desenvolvimento dos biossensores se deu no século passado, onde os seus precursores, Clark e Lions, os chamaram de eletrodo enzimático, no ano de 1962 (BARROSO; DELERUE-MATOS; OLIVEIRA, 2012).

Patacas (2007, p. 41) define o biossensor como:

Qualquer dispositivo de detecção que incorpore tanto um organismo vivo ou produtos derivados de sistemas biológicos (enzimas, anticorpos, ADN, etc.), como um transdutor que fornece a indicação, sinal ou outra forma de reconhecimento de uma substância específica no ambiente.

A depender do tipo de detecção, estes dispositivos poderão apresentar características diferentes.

No biossensor ativo de forma direta ou sistema não articulado, a interação é biológica, sendo medida diretamente, usando-se um ligante não-catalítico, podendo esses serem anticorpos ou celulares. Já na forma indireta, onde o sensor é marcado (sistema reticulado), usando-se para isso, somente anticorpos (DIAS, 2014).

Em relação ao tipo de construção, Calil e Silva (2011, p. 4) apresentam que os biossensores podem ser definidos como:

- 1) Os que dependem da ligação seletiva do analito-alvo ao ligante preso à superfície (como anticorpos ou sondas oligonucleotídicas);
- 2) Dispositivos de bioafinidade; os que utilizam uma enzima imobilizada para reconhecimento do substrato-alvo, dispositivos bioanalíticos.

Os biossensores poderão ser formados para serem utilizados em contínuo uso ou para serem descartados posteriormente, sendo considerados como ferramenta que visa completar as existentes técnicas analíticas.

A principal característica encontrada no biossensor é sua seletividade, que consiste na capacidade que algumas macromoléculas biológicas conseguem deter, a fim de discriminar os diferentes tipos de abstrato. A faixa de sensibilidade é a grande aliada desse projeto, visto se tratar de uma concentração mensurável. Quanto ao tempo de resposta, está intrinsecamente ligado ao tempo de recuperação e tempo de vida útil. Em relação à estabilidade operacional, essa poderá sofrer variações por causa dos diferentes fatores como a geometria do sensor, a maneira em que ele é preparado, bem como seus receptores e transdutores. A difusão interna e externa do abstrato também influencia nesse processo, além das condições operacionais, entre as quais se destacam a temperatura, a natureza do tampão, dentre outros. Salientando-se que o pequeno tamanho poderá possibilitar a simples instalação no ambiente de medida e monitorização.

2.4 Funcionamento de um biossensor

Uma das principais características apresentadas nos biossensores é que os diferenciam dos sensores químicos se encontra na especificidade da análise, por causa da funcionalidade de uma biomolécula. Um biossensor é característico pela capacidade de fornecimento de informação analítica específica, quantitativa ou semi-quantitativa, utilizando elementos de reconhecimento biológico, os quais poderão ser enzimas, proteínas, células, entre outras, atuando como um receptor, o qual está em contato espacial direto com um elemento de transdução (MELO, 2008).

Assim, de uma maneira geral, o biossensor tem sua formação dividida em duas partes, onde a primeira é o componente biológico e a outra o transdutor. O componente biológico reconhece a substância de interesse por meio da reação

química, gerando um sinal que pode resultar em uma variação na concentração de prótons, liberação de gases e emissão de luz e calor. O transdutor, por sua vez, faz a conversão deste sinal em uma resposta mensurável como corrente elétrica, potencial eletroquímico, variação de temperatura, dentre outros (SALGADO, 2001).

O funcionamento de um biossensor envolve a especificidade e alta sensibilidade do componente biológico com o substrato de interesse. Em seguida como produto desta interação entre a molécula biológica e o substrato, variações de um ou mais parâmetros físico-químicos, são convertidos em um sinal elétrico quantificável e processável pelo uso de um transdutor adequado (ARYA; DATTA; MALHOTRA, 2008).

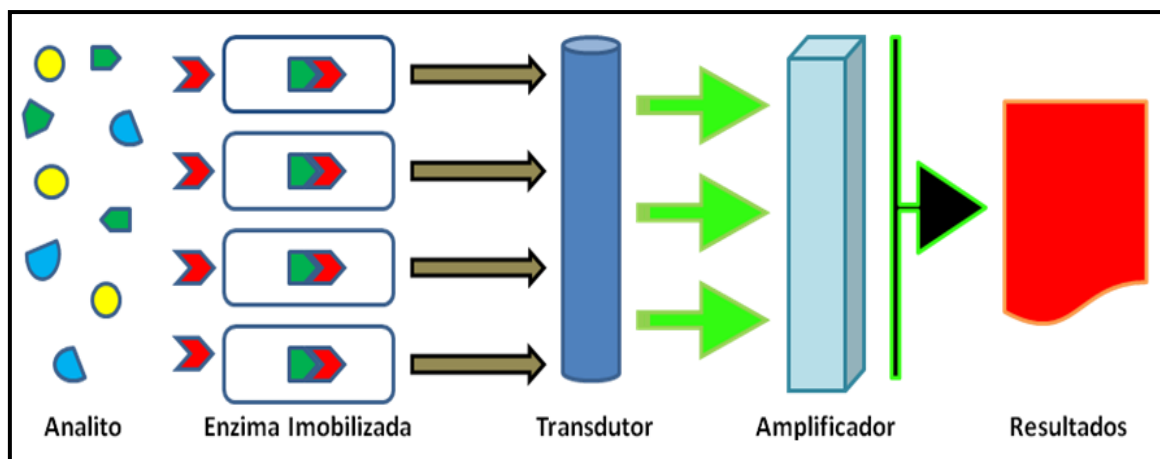


Figura 2. Esquema geral de funcionamento de um biossensor
Fonte: (ARYA DATTA; MALHOTRA, 2008).

A escolha do transdutor é realizada mediante três requisitos básicos: que ele seja adequado para adaptação ao material biológico imobilizado, que seja altamente específico para o analito de interesse, sendo capaz de detectar alguma variação específica que ocorra durante a reação biológica e que esta variação ocorra na faixa de concentração apropriada (MELLO; KUBOTA, 2007).

2.5 Biossensores eletroquímicos

Os biossensores eletroquímicos têm a sua composição formada basicamente de três eletrodos: um de trabalho, um de referência e um contra eletrodo. Nesses biossensores, encontram-se sobre o eletrodo dois elementos que são associados intimamente (HOCEVAR, 2016).

De acordo com Hocevar (2016, p. 28):

O biorreceptor, que é um elemento sensível biologicamente responsável pelo reconhecimento do analito de interesse, imobilizado em um elemento transdutor, responsável pelo transporte e conversão do sinal produzido pela reação da substância de interesse em contato com o elemento sensório ou biorreceptor.

Para se escolher o melhor biorreceptor ou elemento sensório, bem como o mais adequado transdutor, deve-se observar cada amostra e o tipo de medida que se tem interesse. O biorreceptor irá determinar o grau de seletividade ou especificidade do biossensor, fazendo o reconhecimento da substância que mais interessa, através da reação química gerando um sinal químico, o qual poderá gerar uma variação na concentração de prótons, emissão ou absorção de luz, liberação de gases, variação de massa, emissão de calor e mudança de estado de oxidação (HOCEVAR, 2016).

O elemento sensório é constituído, em sua maioria, de enzimas ou anticorpos imobilizados, os quais têm a função de melhorar a seletividade destes dispositivos por realizar específicas interações com o analito, executando avaliações em sua concentração de amostragem. Esses caracterizam o elemento chave do biossensor (LOJOU; BIANCO, 2006).

Para selecionar o melhor transdutor, há requisitos básicos que devem ser levados em consideração, como o material adequado para adaptação perfeita do biorreceptor imobilizado e o abstrato de interesse capaz de detectar a variação específica que aconteça durante a reação química, devendo esta variação ocorrer na faixa da concentração apropriada, apresentando uma rápida resposta além de ser econômico (MELO, 2008).

Atualmente os biossensores eletroquímicos são usados para detectar patógenos como o vírus de Epstein-Barr, Hepatite B e a Herpes simplex. Em comparação com outros tipos de técnicas analíticas, a eletroquímica apresenta a vantagem de ser de baixo custo e de fácil operação (HOCEVAR, 2016).

Luna (2015, p. 11) explica que:

A transdução do sinal pode ser do tipo amperométrica, potenciométrica, condutométrica e impedanciométrica. Na detecção amperométrica, aplica-se um potencial ou rampa de potencial e a corrente gerada pela reação de oxirredução é mensurada. Na detecção potenciométrica a diferença de potencial é medida após a aplicação de valores distintos de correntes. A detecção condutométrica, por sua vez, mede a variação da condutância e a detecção impedanciométrica, a impedância em função da frequência.

É possível se verificar na voltametria cíclica uma variação da corrente relativa ao potencial que é aplicado e acontece em uma célula eletroquímica formada por um eletrodo de trabalho, onde irá acontecer a reação, um contra eletrodo e um eletrodo de referência. Esse contra eletrodo disponibiliza a corrente ao eletrodo de trabalho, evitando a ocorrência de distúrbios no eletrodo de referência, garantindo a função deste, que é manter o seu potencial constante durante as medidas. Esse eletrodo de referência executa a regulação do potencial aplicado no eletrodo de trabalho, visto que, por sua área ser menor, consegue assumir o potencial recebido (STRADIOTTO; YAMANAKA; ZAONI, 2003).

Esse potencial se repete ciclicamente entre os valores extremos de potencial aplicado a partir de um potencial inicial (E_i) até chegar ao máximo (E_{max}), para decrescer até o valor final (E_f), como demonstrado na figura 3.

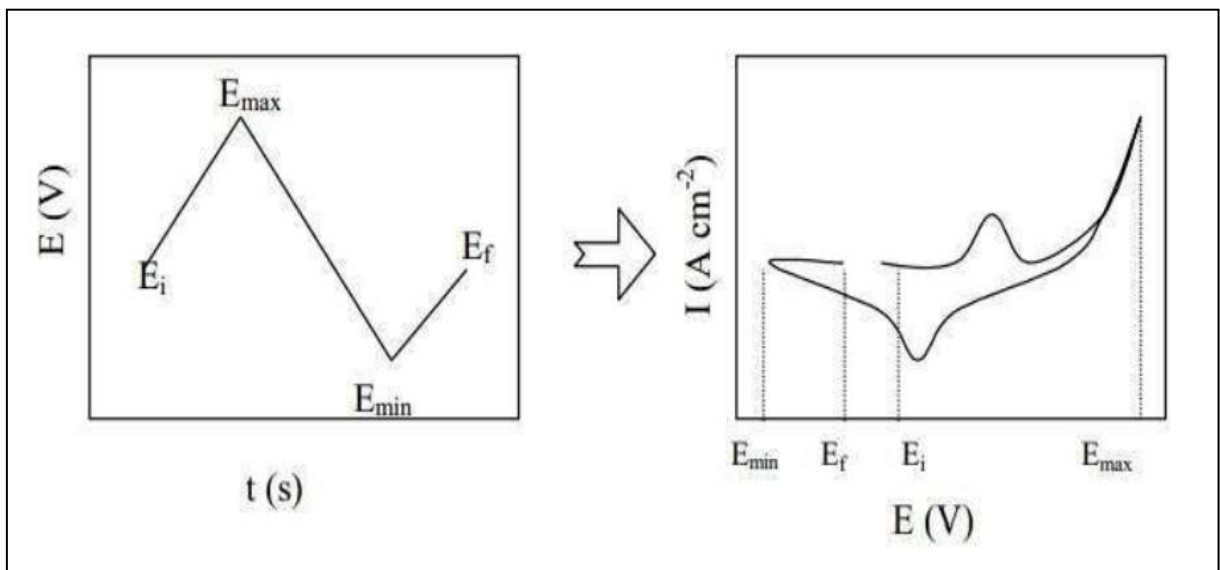


Figura 3. Variação do potencial em função do tempo (esquerda) e obtenção de um voltamograma cíclico (direita). E_i , E_{max} , E_{min} , E_f , correspondem aos potenciais inicial, máximo, mínimo e final, respectivamente

Fonte: (SOARES, 2011).

Ao se falar em corrente, existem dois componentes presentes, o capacitivo e o componente resultante da troca de elétrons entre o eletrodo e as espécies redox, as quais são imobilizadas na parte superior do eletrodo ou ficam livres na solução, chamado de processo faradáico. O componente capacitivo é resultado da redistribuição das cargas e de espécies polarizadas na parte superior do eletrodo, processo esse, portanto, considerado não-faradáico (LUNA, 2015).

3 METODOLOGIA

A abordagem metodológica desta pesquisa é de caráter qualitativo pela intenção de descrever e interpretar os fatos ocorridos na sala de aula do 3º ano do ensino médio no primeiro semestre de 2018.

Uma pesquisa qualitativa visa o entendimento de um fenômeno específico de modo mais aprofundado, mais detalhado. São utilizados para o embasamento da pesquisa questões como “por que” e “como”, a fim de se compreender o fenômeno que está sendo observado. Assim, a pesquisa qualitativa é focada em comparações, interpretações de descrições, deixando-se de lado regras e estatísticas meramente numéricas.

Os pesquisadores que usam esse método têm o objetivo de explicar o porquê das coisas, demonstrando somente aquilo que é necessário ser feito, sem a necessidade de quantificar valores nem se submeterem a provas de fato, visto que os dados a serem analisados são não-métricos (suscitados e de interação).

Conforme explica Creswel (2007, p. 15):

- A pesquisa qualitativa ocorre em um cenário natural, de forma que o pesquisador vai até o participante, o que permite uma melhor visão e envolvimento do pesquisador com o participante; - A pesquisa qualitativa utiliza-se de múltiplos métodos de coletas de dados, que são interativos e humanísticos, e buscam estabelecer harmonia e credibilidade com as pessoas no estudo; - Uma parte considerável da pesquisa qualitativa surge durante o próprio estudo, podendo as questões de pesquisa mudarem e serem refinadas, o processo de coleta de dados pode se alterar para se adequar a novas situações, como dados que se disponibilizam e dados que deixam de estar disponíveis etc.; - A pesquisa qualitativa é fundamentalmente interpretativa, ou seja, ela surge da interpretação que o pesquisador faz dos dados coletados; - A pesquisa qualitativa fornece uma visão ampla e abrangente dos fenômenos, ao invés de microanálises.

O principal interesse desta pesquisa foi analisar as concepções dos alunos sobre os conceitos relacionados ao estudo da eletroquímica na sala de aula tendo como foco o biossensor eletroquímico. As atividades foram realizadas no primeiro semestre do ano letivo por abordar o tema eletroquímica como um dos conteúdos do trabalho de acordo com o planejamento de ensino elaborado pela professora pesquisadora.

As atividades foram organizadas em etapas e planejadas para serem executadas em quatro aulas de cinquenta minutos conforme a seguinte sequência:

No primeiro mês foi realizado o perfil da turma para uma posterior diagnose sobre o tema escolhido para esta pesquisa.

Etapa 1: Tema para abordagem - aula teórica sobre reações de oxirredução, sendo realizada uma revisão sobre número de oxidação, posteriormente foram aplicados exercícios sobre número de oxidação, reações de oxirredução e pilhas.

Nesta etapa objetiva-se identificar os conhecimentos prévios dos alunos necessários para o ensino de eletroquímica

Etapa 2: Foi realizada a abordagem teórica sobre a pilha de Daniel com enfoque nos conceitos voltados para eletroquímica através de apresentação expositiva e dialogada utilizando o quadro branco e slides com recurso do *power point*. Como estratégia didática foram realizados questionamentos sobre o assunto, experimentação demonstrativa de Pilhas caseiras (REIS, 2013) e, para contextualizar esta abordagem sobre pilhas, foram apresentados os slides sobre eletroquímica disponível em: <https://www.smarteditora.com.br>

Nesta etapa objetivamos verificar as facilidades e dificuldades dos alunos do 3ºano do ensino médio em compreender os conceitos envolvendo eletroquímica, pilhas e baterias; Identificação das concepções dos(as) alunos(as) sobre os princípios da eletroquímica foi realizada através da discussão sobre o tema em sala de aula.

Etapa 3: Foi realizada uma aula expositiva e dialogada sobre eletrólise e os tipos de eletrólise. Como recurso, foram apresentados vídeos - Eletrólise Ígnea NaCl avi, (QUÍMICA NO VESTIBULAR, 2016) e Eletrólise em solução aquosa: NaCl feito em casa Fácil, (REGINA, 2017).

Nesta etapa objetiva-se, com a apresentação destes vídeos, visualizarem o que acontece na eletrólise, que é o oposto da Pilha de Daniell.

Para identificar os conceitos dos(as) alunos(as) envolvendo eletrólise foi realizado um exercício de fixação.

Etapa 4: Foi realizada a abordagem teórica sobre sensores e biossensores com enfoque nos conceitos voltados para eletroquímica através de apresentação expositiva e dialogada pela professora pesquisadora utilizando o quadro branco e slides com recurso do *power point*, como estratégia didática foram realizadas as seguintes atividades

Atividade 1 - Foi solicitado aos(às) alunos(as), pela professora pesquisadora, um desenho livre de como compreendiam o que é um biossensor.

Objetiva-se a identificar as concepções prévias dos alunos sobre biossensor. Foi elaborado e aplicado um questionário com questões abertas e objetivas (Quadro 1) aos(as) alunos(as), nesta atividade objetivamos a identificar as concepções prévias dos(as) alunos(as) sobre o tema biossensor (Avaliação Diagnóstica).

Essa primeira intervenção durou cerca de 15 minutos, sendo o questionário entregue no mesmo dia. Para que não houvesse constrangimento, não houve identificação nominal.

Questões	Objetivos
1. Como você imagina um biossensor?	Determinar as concepções prévias dos alunos no que diz respeito ao tema.
2. Desenhe um biossensor.	Identificar como visualização um biossensor.
3. Você sabe a diferença entre um biossensor e um sensor?	Verificar as concepções prévias dos(as) alunos(as) em relação aos conceitos de biossensor e sensor.
4. Dê um exemplo de um sistema eletroquímico?	Identificar como eles compreendem um sistema eletroquímico.
5. Assinale os termos que você conhece? () ânodo, () cátodo, () polo positivo, () polo negativo, () oxidação, () corrente elétrica, () DDP (Diferença de potencial), () eletrodo, () eletrólito, () pilha.	Verificar a intimidade com os termos

Quadro 1. Questionário utilizado para análise das concepções prévias dos(as) alunos(as).

Atividade 2 – Apresentação expositiva e dialogada sobre os biossensores e suas aplicações no cotidiano. Nesta atividade foram apresentados os slides conforme a Figura 4, com os objetivos de aprendizagem correspondentes.



Figura 4. Slides apresentados no início da aula, para contemplar.
Fonte: (Autora).

Objetivos de aprendizagem relacionados aos slides da figura 4 – analisar e discutir com os(as) alunos(as) os conceitos e aplicações sobre sensores e biossensores.



Figura 5. História dos biossensores
Fonte: (Perumal & Hashim, 2014).

Objetivo de aprendizagem relacionado aos slides da Figura 5 - discutir o conceito de biossensores através da História destes biodispositivos.

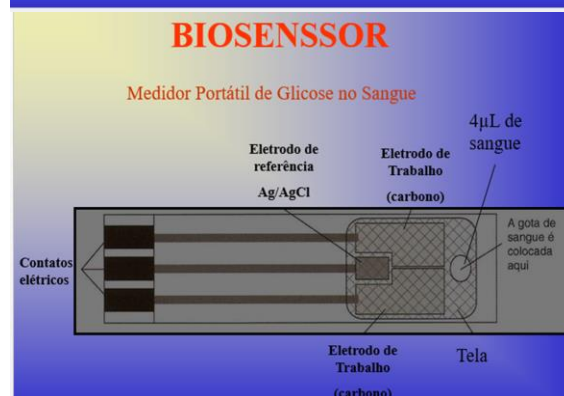
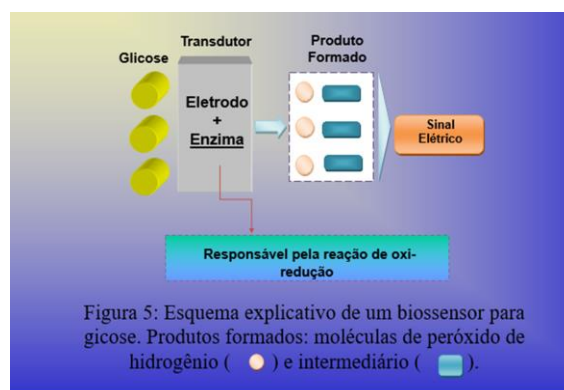
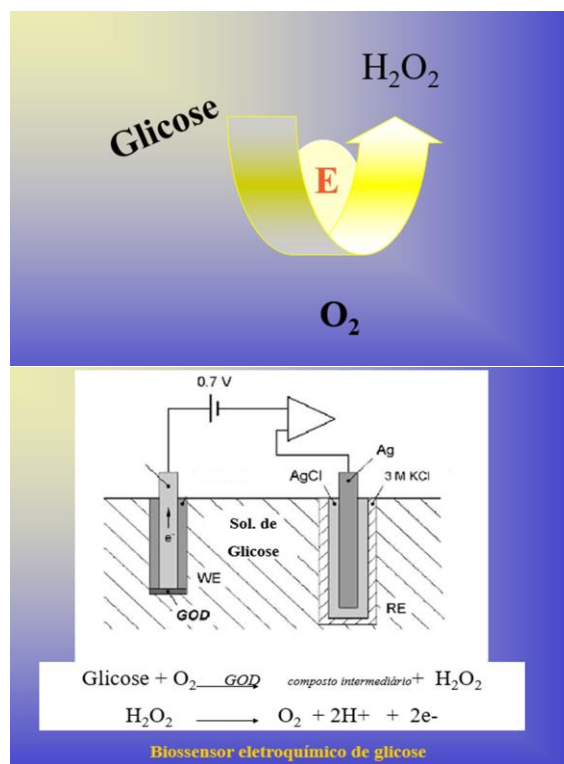


Figura 6. Funcionamento de um biossensor para determinação de glicose
Fonte: (Harris).

Objetivo de aprendizagem relacionado aos slides da Figura 6 - Compreender o funcionamento de um biossensor para derminação de glicose.

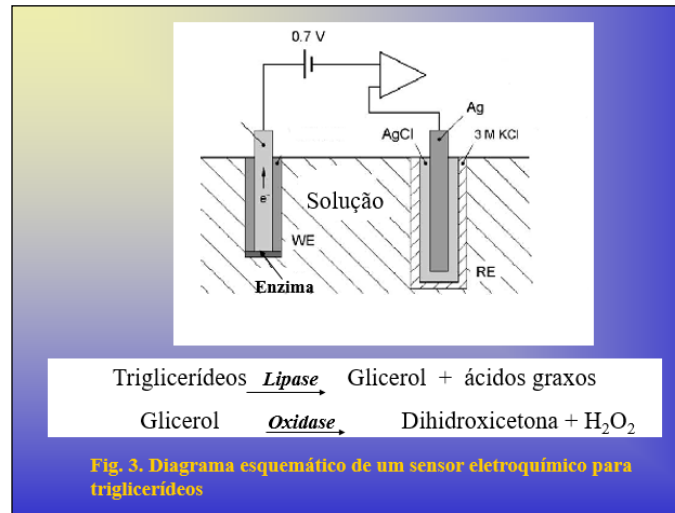
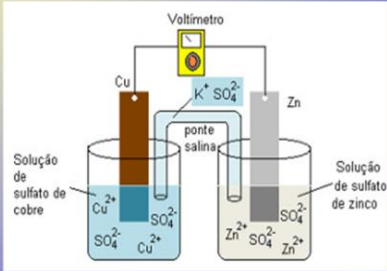


Figura 7. Funcionamento de um biossensor para determinação de triglicerídeos.
Fonte: (Harris).

Objetivo de aprendizagem relacionado aos slides da Figura 7. Compreender o funcionamento de um biossensor para derminação de triglicerídeos (SIQUEIRA, 2009).

PILHA DE DANIEL



1) Qual a relação da pilha de Daniel com o Biossensor?

Biossensor para Glicose

Quem é o ânodo e cátodo?

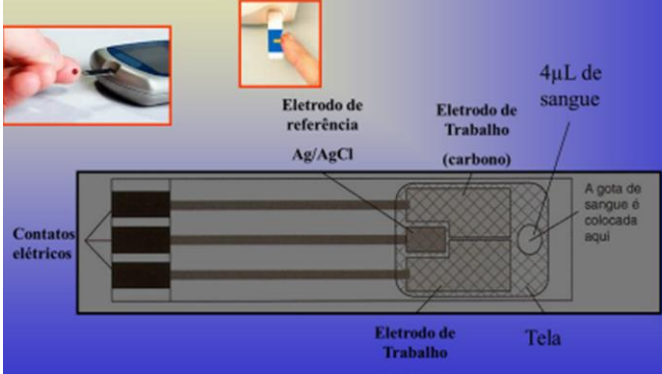


Figura 8. Questionamentos apresentados para os alunos
Fonte: (Harris).

Na etapa 4 foram propostos questionamentos conforme apresentados na figura 8.

A referida etapa tem como objetivo para esta pesquisa verificar a utilização do conhecimento de biossensores como ferramenta didática para compreender e interpretar os conceitos de eletroquímica. Como atividade motivadora para discussão foi apresentado o tubarão como um exemplo de um biossensor natural encontrado nos mares e nos oceanos (figura 9).

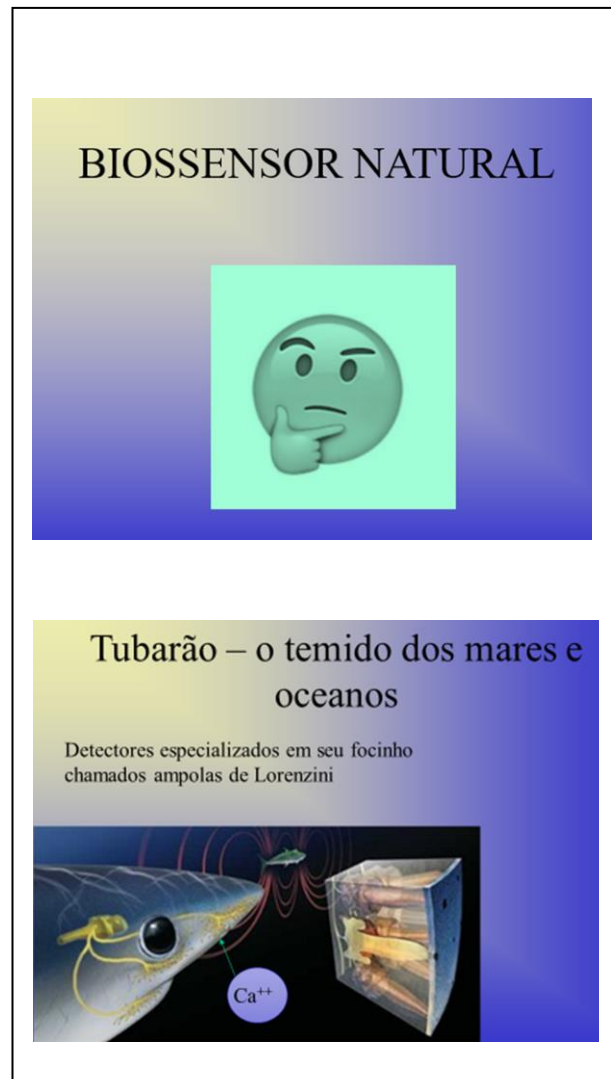


Figura 9. Biossensor natural
Fonte: (FÍSICA E BIOLOGIA, 2010).

A cabeça do tubarão, especialmente ao redor do focinho, apresenta pequenos poros, denominados ampolas de Lorenzini. Estes receptores são sensíveis à temperatura, salinidade e pressão da água, com uma especial capacidade para detectar campos elétricos muito sutis, gerados por outros animais. Podem, deste modo, detectar o batimento cardíaco de um peixe que esteja enterrado na areia, a alguns metros de distância. A capacidade de se aperceberem destas ligeiras mudanças na corrente elétrica do ambiente, além de facilitar a caça às suas presas, possibilita-lhes a navegação em mar aberto durante as grandes migrações, guiando-se através do campo eletromagnético da terra.

Os slides apresentados e discutidos com alunos(as) tiveram como objetivo relacionar o biossensor natural (tubarão) com os desenhos que elaboraram na atividade 1.

O Quadro 2, trata das categorias das análises das respostas dos(as) alunos(as) a respeito das questões da Figura 8 :

Resposta Satisfatória **(RS)**, Resposta Pouco Satisfatória **(RPS)** e Resposta Insatisfatória **(RI)**.

QUESTÃO	CATEGORIAS
Questão 1. Qual a relação da pilha de Daniel com o Biossensor?	A resposta foi considerada satisfatória (RS) quando o aluno ou aluna faz relação a um sistema eletroquímico e a movimentação de elétrons. A resposta será classificada como pouco satisfatória (RPS) quando o aluno ou aluna apenas relaciona os componentes presentes na célula de Daniel e no biossensor de glicose. A resposta será considerada insatisfatória (RI) quando não consegue relatar que o biossensor de glicose é um sistema eletroquímico.
Questão 2. No biossensor para Glicose, quem é o ânodo e cátodo?	A resposta foi considerada satisfatória (RS) quando o aluno ou aluna relata que o ânodo é o eletrodo de trabalho e o cátodo é o eletrodo de referência. A resposta será classificada como pouco satisfatória (RPS) quando o aluno ou aluna apenas identifica o cátodo ou ânodo. A resposta será considerada insatisfatória (RI) quando não consegue identificar nem o cátodo nem o ânodo.

Quadro 2. Questionário utilizado a respeito das questões apresentadas na figura 8 para análise das respostas dos(as) alunos(as).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para análise das respostas, foram agrupadas de acordo com as suas semelhanças e utilizadas as categorias de acordo com o Quadro 1, apresentado na metodologia desta pesquisa: Respostas Satisfatórias **(RS)**, Respostas Pouco Satisfatórias **(RPS)**, Respostas Insatisfatórias **(RI)**. Para que os alunos e alunas participantes desta pesquisa permaneçam no anonimato foram utilizados os seguintes codinomes **L1, L2, L3, L4, L5, L6, L7, L8, L9, L10**.

Entre os dez alunos pesquisados que aceitaram participar da avaliação diagnóstica, apenas um não respondeu as questões 1 e 2.

Em relação às questões 1 e 2 - Desenho/Imaginação, identificamos as seguintes respostas:

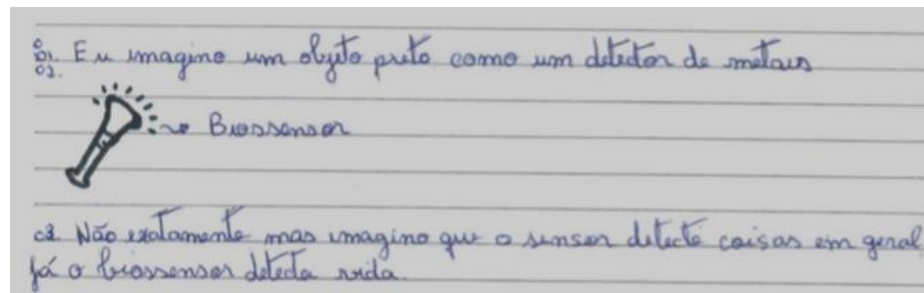
- a) Detector de vida - 2 participantes desta pesquisa
- b) Detector de metal - 1 participante desta pesquisa
- c) Detector Natural - 1 participante desta pesquisa
- d) Sensor biológico - 1 participante desta pesquisa
- e) Sensor biológico natural - 2 participantes desta pesquisa
- f) Não fez as questões 1 e 2 - 1 participante desta pesquisa

Exemplos:

Sensor biológico natural

- 1) *“Como um sensor biológico, natural, como nos animais.”*
- 2) *“Bom, prefiro descrever: Na barata, suas antenas seus sensores, para identificar algum perigo, e audição dos morcegos, suas orelhas são os sensores que ele precisa para detectar seu alimento era(sic) escuro”.*

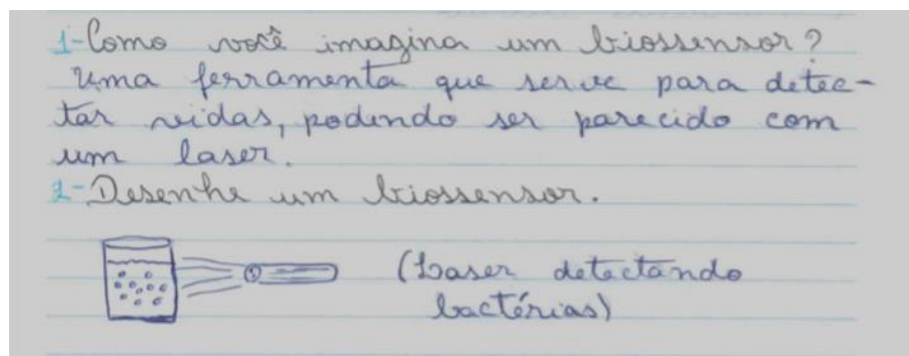
Detector de vida



1) “Eu imagino um objeto preto como um detector de metais.”

2) “Não exatamente mas imagino que o sensor detecte coisas em geral já o biossensor detecta vida.”

Sensor biológico



1) “Uma ferramenta que serve para detectar vidas, podendo ser parecido com um laser.”

Pelas respostas dos(as) alunos(as) em relação às questões 1 e 2, verificamos que 5 alunos apresentam uma ideia do biossensor presente no seu cotidiano e um tem uma concepção mais próxima do conhecimento científico ao descrever o biossensor como um laser detectando bactérias.

Ao questionar os(as) alunos(as) sobre a(s) diferença(s) entre o biossensor e sensor, (questão 3) verificamos que, dos nove participantes da avaliação diagnóstica, dois respondem que sabem a diferença e relacionam ao detector de vida.

Em relação ao exemplo (questão 4) sobre o sistema eletroquímico, todos colocaram a pilha de Daniell.

Ao verificarmos a intimidade com os termos utilizados na eletroquímica, temos que:

Oito participantes responderam que conheciam os termos ânodo, cátodo, polo positivo, polo negativo e oxidação. Entre esses, seis, além destes termos, marcou corrente elétrica e três marcaram DDP. Apenas um não respondeu.

Os estudantes mostraram ter concepções que os ajudaram a compreender o tema abordado nesta pesquisa.

Análise das respostas à Questão 1

Qual a relação da pilha de Daniell com o Biossensor?

As respostas dos(as) alunos(as) **L1, L3, L4, L7 e L9** foram consideradas Respostas Satisfatórias (**RS**), porque conseguem relacionar a pilha de Daniell e um biossensor a um sistema eletroquímico e à movimentação de elétrons.

Alunos ou alunas **L1 e L7** relatam muito bem o conceito de biossensor, fazem alusão ao sistema eletroquímico ao chamar “*detector físico/químico*” e “*que aproveita a energia das reações de oxirredução para gerar eletricidade*”. As respostas estão idênticas, pois fizeram juntos(as).

Alunos ou alunas **L3 e L4** abordaram que ambos (Pilha de Daniell e o Biossensor) têm semicélulas com cátodos e ânodos.

Aluno ou aluna **L9** relaciona que nos sistemas propostos para estudo (Pilha de Daniell e o Biossensor) em ambos ocorre movimentação de elétrons, apesar de ter um erro conceitual de chamar “*transmissão de elétrons*”.

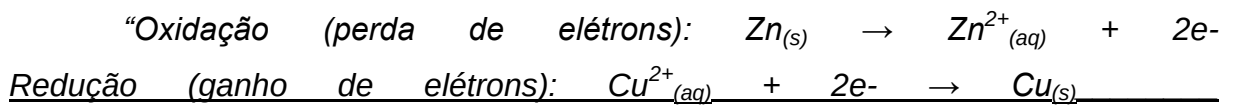
Respostas Pouco Satisfatórias (**RPS**), Respostas Insatisfatórias (**RI**). Para que os alunos e alunas participantes desta pesquisa permaneçam no anonimato foram utilizados os seguintes codinomes **L1, L2, L3, L4, L5, L6, L7, L8, L9, L10**.

L1

1) “O biossensor é um dispositivo que combina um componente biológico com um detector físico/químico. A pilha de Daniell também é um dispositivo, porém, que aproveita a energia das reações de oxirredução para gerar eletricidade. É notável a semelhança entre ambos.”

L3

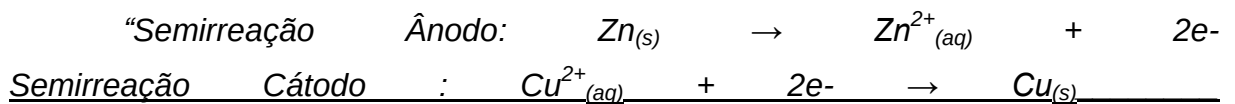
1) “São semicélulas, um sofre redução e o outro oxidação geralmente é o cátodo redução e o ânodo que oxida.”



“O biossensor tem cátodo e o ânodo igual à pilha, e são ligados por dois metais.”

L4

1) “São constituídas por duas semicélulas ou semicelas por zinco e cobre sendo o ânodo negativo e o cátodo positivo, um sofre redução e o outro oxidação geralmente é o cátodo redução e o ânodo que oxida e têm vários metais e são ligados por 2 metais.”



“O biossensor ele tem semicelas e tem cátodo.”

L7

1) “O biossensor é um dispositivo que combina um componente biológico com um detector físico/químico. A pilha de Daniell também é um dispositivo, porém, que aproveita a energia das reações de oxirredução para gerar eletricidade. É notável a semelhança entre ambos.”

L9

1) *“Ambos transmitem elétrons”.*

Aulas contextualizadas, dialogadas e o uso de questionamentos como estratégia didática ajudam aos estudantes a monitorar sua compreensão. De acordo com Eskilsson (2008) discussões vivenciadas em ambientes de aprendizagem estimulam os alunos a usarem o conhecimento científico.

As respostas do(a) aluno(a) **L2** foi considerada pouco satisfatória (**RPS**), porque apenas conseguem relacionar os componentes presentes na célula de Daniel e no biossensor de glicose, mas não menciona que em ambos ocorre movimentação de elétrons.

L2

1) *“A relação é entre o cátodo e ânodo é semelhante na pilha de Daniel e no Biossensor.”*

As respostas dos alunos **L5, L6, L8** foram consideradas insatisfatórias (**RI**) não consegue relatar que o biossensor de glicose é um sistema eletroquímico.

L5

1) *“A pilha de Daniell é construída de uma placa de Zinco (Zn) em uma solução de $ZnSO_4$ e uma placa de cobre (Cu) em uma solução de $CuSO_4$. As duas soluções são ligadas por uma ponte salina, ou por uma parede porosa.”*

L6

1) *“Uma pilha de Daniel tem um cobres(sic) com fius(sic). O biossensor serve para detectar taixa(sic) de glicose.”*

L8

1) *“A relação é semelhante, já que utilizam o mesmo princípio.”*

Análise das respostas referentes à Questão 2

No biossensor para Glicose, quem é o ânodo e o cátodo?

As respostas dos alunos **L6, L9, L10**, foram consideradas satisfatórias (**RS**), por que conseguem identificar o ânodo e o cátodo no biossensor de glicose.

L6

2) *“O eletrodo de trabalho(carbono) é o ânodo e o eletrodo de referência (Ag/AgCl) é o cátodo”.*

L9

2) *“O eletrodo de trabalho(carbono) é o ânodo e o eletrodo de referência (Ag/AgCl) é o cátodo”.*

L10

2) *“O eletrodo de trabalho(carbono) é o ânodo e o eletrodo de referência (Ag/AgCl) é o cátodo”.*

As respostas dos alunos **L1, L3, L5, L7** foram consideradas pouco satisfatórias (**RPS**), porque não conseguem identificar claramente qual o ânodo e o cátodo na pilha de Daniell e um biossensor, mas conseguem identificar que o fluxo de elétrons ocorre em direção ao cátodo.

L1

2) *“Pelas setas representativas do movimento de Na^+ e Cl^- em cada um dos elétrodos de carga oposta devido ao campo elétrico aplicado. Há ainda a extração de glicose devido a um fluxo eletro-osmótico que a corrente gera em direção ao cátodo.”*

L3

2) *“O cátodo é onde colocamos o sangue e o ânodo é os tecidos onde o sangue passa e sai o resultado.”*

L5

2)“ Cátodo – Placa de menor potencial de oxidação – Cu onde ocorre oxidação. Ânodo -placa de maior oxidação – Zn onde ocorre oxidação

L7

2) *“Pelas setas representativas do movimento de Na^+ e Cl^- em cada um dos eletrodos de carga oposta devido ao campo elétrico aplicado.Há ainda a extração de glicose devido a um fluxo eletro-osmótico que a corrente gera em direção ao cátodo.”*

As respostas obtidas pelos(as) alunos(as) **L1, L3, L5, L7** nos sugere que eles sabem identificar as diferenças entre o eletrodo de trabalho e o eletrodo de referência que, segundo Rosatto *et al.*(2001), o eletrodo de referência tem a finalidade de comparar a corrente que foi gerada pela reação biocatalisada de oxidação ou redução das espécies eletroativas na superfície do eletrodo de trabalho, que segundo Salgado (2001) biossensores contêm o material biológico imobilizado.

Apesar de que, no ensino de eletroquímica, segundo Jong (2000), os estudantes apresentam uma dificuldade para compreender o funcionamento conceitual da pilha galvânica de zinco-cobre, levando em consideração apenas o conceito de partículas elétricas, as respostas dos(as) alunos(as) **L1, L3, L5, L6, L7, L9, L10** mostraram que consideram o princípio da reação de oxirredução gerada em sistemas eletroquímicos.

As respostas dos alunos **L2, L4, L8** foram consideradas insatisfatórias **(RI)**, não conseguem identificar nem o cátodo nem o ânodo no biossensor de glicose.

L2

2)“O ânodo é a paleta em que o sangue é depositado e o cátodo é o aparelho onde a paleta entra.”

L4

2)“O cátodo ele reduz e o ânodo ele oxida. O cátodo é a paleta com o metal, e o ânodo é o tecido onde o sangue passa para dá o resultado.”

L8

2)“O sangue é o ânodo e o cátodo são os metais na fita.”

Com as análises das respostas referentes às questões 1 e 2 podemos verificar que, ao relacionar os conceitos da pilha de Daniell com o biossensor de glicose como recurso didático, permitiu aos estudantes envolver-se de modo interativo em discussões teóricas sobre situações reais e facilitando interpretações explicativas intermediadas pela professora pesquisadora no estudo de eletroquímica para o ensino médio.

5 CONCLUSÃO

Para a formação do conhecimento químico colocando apenas o aspecto representacional, como tem ocorrido nos currículos tradicionais, dificilmente os conteúdos microscópicos poderão ser articulados para a formação do pensamento científico. A partir da lei das Diretrizes e Bases, LDB/1996 foram criados os documentos para qualificação das disciplinas química, física, matemática e a biologia, Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+,1999) e as orientações curriculares nacionais (OCN, 2002) que visam a interdisciplinaridade e a contextualização com eixo integrador no ensino destas disciplinas.

Na utilização do tema biossensor como estratégia integradora e interdisciplinar para o ensino de eletroquímica podemos verificar que é possível os(as) alunos(as) fazerem uma relação do funcionamento de um biossensor eletroquímico com a pilha de Daniell, ao evidenciarem a movimentação de elétrons neste sistema responsável pela geração de corrente elétrica. Mesmo quando não relacionam ao sistema de oxidação/redução são capazes de correlacionar os componentes presentes nos dois modelos eletroquímicos.

Diversas pesquisas envolvendo concepções alternativas e dificuldades de aprendizagem para essa temática já foram realizadas, principalmente para identificar o cátodo e o ânodo em uma célula eletroquímica, a contextualização com um biossensor sugere ser um recurso didático promissor para compreensão do sistema eletroquímico, ao identificar a direção do fluxo de elétrons na pilha de Daniell e no biossensor.

Esta pesquisa mostra as principais dificuldades dos alunos do 3º ano do ensino médio em relação ao conteúdo de eletroquímica, desta forma nos facilitou visualizar as dificuldades conceituais apresentadas por uma parte dos participantes: dificuldade de entender os processos de oxirredução como intercâmbio de elétrons, bem como os componentes de um sistema eletroquímico como a pilha de Daniell e o biossensor de glicose.

Em relação às atitudes dos(as) alunos(as) ao refletir sobre o conteúdo de eletroquímica e o uso do biossensor como ferramenta para contextualização, consideramos que explicar e discutir este tema em sala de aula proporciona um ressignificado para sua aprendizagem, interiorizando valores para sua vida. Dessa forma a abordagem de temas de interesse para a sociedade na sala de aula

possibilita a contextualização da base comum para o ensino de ciências, a qual envolve os aspectos socioeconômicos, ambientais e culturais referentes à ciência e tecnologia.

Chassot, em seu livro *A educação no ensino de química*, publicado pela editora Injuí em 1999, defende o ensino de química questionador, capaz de transformar o estudante em um cidadão crítico. Para isso é necessária a inclusão de temas químicos sociais no conteúdo programático onde podem ser tratados aspectos socioeconômicos, ambientais e culturais relativos à ciência e à tecnologia.

REFERÊNCIAS

- ALFAYA, Antônio A. S.; KUBOTA, Lauro. A utilização de materiais obtidos pelo processo de sol-gel na construção de biossensores. **Química Nova**. v. 25, n. 5, São Paulo, Set./Out. 2002.
- ALVES, Livia Maria. **Desenvolvimento de biossensor eletroquímico para detecção de glutamato**. Dissertação de Mestrado. 30f. Uberlândia, Universidade Federal de Uberlândia, 2014.
- ARYA, S.K.; DAFTTA, M.; MALHOTRA, B.D. **Recent advances in cholesterol biosensor**. Biosensors and Bioelectronics, v. 23, p.1083-1100, 2008.
- BARROSO, Maria de Fátima; DELERUE-MATOS, Cristina; OLIVEIRA, Maria B.P.P. Electrochemical evaluation of total antioxidant capacity of beverages using a purine-biosensor. **Food Chemistry** 132: 1055-1062, 2012.
- BIÓLOGO.COM. **Órgãos dos sentidos**. [s/d]. Disponível em: <<http://biologo.com.br/tubarao/sentidos.html>>. Acesso em: 20 ago. 2018.
- CALIL, Simone Saad; SILVA, Paulo Roberto Queiroz da. **Biossensores**: estrutura, funcionamento e aplicabilidade. Instituto de Estudos Farmacêuticos, 2011. Disponível em: <<http://www.cpgls.pucgoias.edu.br/6mostra/artigos/SAUDE/SIMONE%20SAAD%20CALIL%20PAULO%20ROBERTO%20QUEIROZ.pdf>>. Acesso em: 19 jun. 2018.
- CRESWEL, John W. **Projeto de pesquisa**: método qualitativo, quantitativo e misto. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2007.
- D'ORAZIO, P. Biosensors in clinical chemistry. **Clinica Chimica Acta**. v. 412, n. 19-20, p. 1749-1761, 2011.
- DIAS, Alexandra de Brito Ventura Gonçalves. **Construção de biossensores de ADN para a avaliação da capacidade antioxidante**. Dissertação de Mestrado. Porto, instituto superior de engenharia do porto, 2014.
- ESKILSSON, O. The Quality of Lower Secondary Students' Discussions During Labwork in Chemistry. **Eurasia journa of Mathematics, Science and Technology Education**, v. 4, n. 3, p. 247-254, 2008.
- FÍSICA E BIOLOGIA. **Ampolas de lorenzini**. Maio 2010. Disponível em: <<http://fisicaebiologia.blogspot.com/2010/05/ampolas-de-lorenzini.html>>. Acesso em: 14 out. 2018.
- FURTADO, Roselayne. Ferro *et al.* Aplicações de Biossensores na Análise da Qualidade de Alimentos. Documentos 117, **Embrapa Agroindústria Tropical**, Fortaleza, Ceará, 2008.
- GREENSHIELDS, Márcia de Windson Costa Caetano. **Sensores químicos baseados em compósitos de nanotubos de carbono**. Curitiba, Universidade Federal do Paraná, 2011.

HOCEVAR, Marcele Arais. **Biossensores estruturados com polímeros condutores para detecção de glicose**. Tese de doutorado. 147f. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2016.

JONG, Onno. Crossing the borders: Chemical education research and teaching practice. **University chemistry education**, v. 4, n. 1, 2000.

LEHNINGER, Albert L.; NELSON, David L.; COX, Michael M. **Princípios de bioquímica**. 4. ed. São Paulo: Savier, 2007.

LIU, Juewen; CAO, Zehui; LU, Yu. Functional Nucleic Acid Sensors. **Chem Rev.** v. 109, p. 1948-1998, Maio, 2009.

LOJOU, É.; BIANCO, P. Application of the electrochemical concepts and techniques to amperometric biosensor devices. **Journal of Electroceramics**. v. 16, n. 1, p. 79-91, 2006.

LUNA, Débora Máximo das Neves. **Desenvolvimento de biossensores eletroquímicos para glicoproteínas de interesse clínico a partir de filmes mistos de fosfolipídios e lectinas depositados em substratos sólidos**. Tese de pós-graduação. 97f. Recife, Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2015.

MALDANER, Otávio Aloísio; ZANON, Lenir Basso. **Fundamentos e propostas de Ensino de Química para a educação no Brasil**. Ijuí: Unijuí, 2007.

MELLO, Lucilene Dorneles; KUBOTA, Lauro Tatsuo. Biosensors as a tool for the antioxidant status evaluation. **Talanta**, v. 72, p. 335-348; 2007.

MELO, Ariana Farias. **Desenvolvimento preliminar de um biossensor enzimático para determinação de taninos hidrolisáveis**. Rio de Janeiro, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2008.

PATACAS, Rafael de Cirne e. **Desenvolvimento, caracterização e otimização de um biossensor amperométrico para a determinação de nitrato baseado em microinterfaces gelificadas**. Tese de Mestrado. Faculdade de Ciências da Universidade do Porto. Porto, Portugal, 2007.

PERUMAL, Veeradasan; HASHIM, Uda. Advances in biosensors: principle, architecture and applications. **Journal of Applied Biomedicine**. v. 12, n. 1, p. 1-15, 2014.

QUÍMICA NO VESTIBULAR. **Eletrolise ignea NaCl avi**. Video postado no Youtube. Publ. 4 jun. 2016. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=MefMwnvbctk>>. Acesso em: 12 jul. 2018.

QUINTINO, Maria do Socorro Maia. **Desenvolvimento de sensores eletroquímicos associados a batch injection analysis (BIA) para aplicações analíticas**. São Paulo, Universidade de São Paulo, 2003.

REGINA, Cláudia. **Eletrólise em solução aquosa: NaCl. FEITO EM CASA. FÁCIL!**. Vídeo postado no Youtube. Publ. 21 Jun. 2017. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=EgGo1pqVdtI&t=86s>>. Acesso em: 10 jul. 2018.

REIS, Martha. **Química**: manual do professor: ensino médio: volume 2. São Paulo: Ática, 2013. e-book disponível em: <<https://pt.scribd.com/doc/294614885/Martha-Reis-Vol-2-pdf>>. Acesso em: 06 ago. 2018.

RIBEIRO JÚNIOR, Eli José Miranda. **Aprimoramento de biossensor de lacase para determinação de micropoluentes fenólicos em águas contaminadas**. Goiânia, Universidade Federal de Goiás, 2015.

ROSATTO, Simone Soares *et al.* Biossensores Amperométricos para Determinação de Compostos Fenólicos em Amostras de Interesse Ambiental. **Química Nova**, v. 24, n. 1, p. 77-86, 2001.

SALGADO, A. M. **Desenvolvimento e aplicação de sensores e sistemas de monitoração de biomassa, etanol e de substrato por modelo**. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001.

SANTOS, Victor de Mello; ALVES, Wesley Candido. **Desenvolvimento de compósitos a base de nanocelulose impregnada em nanopartículas de prata visando sua aplicação em biossensores eletroquímicos**. Monografia. Niterói, Universidade Federal Fluminense, 2016.

SILVA, Livia Maria da Costa. **Desenvolvimento de biossensores eletroquímicos para fenol e uréia com foco na aplicação ambiental**. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, Brasil, 2011.

SIQUEIRA, Leonardo Pereira de. **Desenvolvimento de um biossensor eletroquímico para determinação de triglicerídeos**. Dissertação de Mestrado. Recife, Universidade Federal de Pernambuco, 2009.

SOARES Juliana Coatrini. **Biossensores eletroquímicos fabricados a partir da imobilização da uréase em filmes de polipirrol**. Tese de Doutorado. 125f. São Paulo, Universidade de São Paulo, 2011.

SOUZA, S. R.; *et al.* **Carbohydrate polymers**. v. 46, n. 2, p. 191-193, 2001.

STRADIOTTO Nelson R.; YAMANAKA Hideco; ZAONI Maria Valnice B. Electrochemical sensors: a powerful tool in analytical chemistry. **J. Braz. Chem. Soc.** v. 14, n. 2, p. 159-73, 2003.

THÉVENOT, Daniel R. *et al.* Electrochemical biosensors: recommended definitions and classifications. **Biosensors and Bioelectronics**, v. 16, p. 121-131, 2001

TODA MATÉRIA. **Eletroquímica**. Nov. 2017. Disponível em: <<https://www.toda-materia.com.br/eletroquimica/>>. Acesso em: 02 set. 2018.

APÊNDICE 1. BIOSSENSORES

1ª) Como você imagina um biossensor, você pode desenhar?

2ª) Você sabe a diferença entre sensor e um biossensor?

☐ sim ☐ não

3ª) Você já ouviu falar em um biossensor?

☐ sim ☐ não ☐ sim, pesquisei

4ª) Você acha que existe alguma relação entre um biossensor e a eletroquímica?

☐ sim ☐ não

5ª) Você já estudou sobre células eletroquímicas? se sim, dê um exemplo?

☐ sim Exemplo_____

☐ não

6ª) Quais os termos eletroquímicos abaixo você já estudou ou já ouviu alguma vez e que você sabe o significado?

☐ ânodo ☐ cátodo ☐ polo positivo ☐ polo negativo ☐ eletrodo
☐ eletrólito ☐ oxidação ☐ pilha ☐ DDP (diferença de potencial)
☐ corrente elétrica

APÊNDICE 2. BIOSSENSORES

1ª) Qual a relação da pilha de Daniell com o Biossensor?

2ª) Biossensor para Glicose quem é o ânodo e cátodo?