

O Material

O seguinte material é um complemento de uma **Unidade Didática Multiestratégica** (UDM), desenvolvido por **graduandos em Licenciatura em química e Licenciatura em Física da Universidade Estadual de Campinas** (UNICAMP), no âmbito de um projeto de Iniciação Científica financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) e ao **projeto Praticar Ciência**, uma iniciativa da FAPESP, Canal Futura e a Fundação Roberto Marinho. Os quatro capítulos aqui apresentados compõem um material didático suporte para as sequências didáticas propostas na UDM.

A estrutura do material de apoio foi pensada para ser utilizada durante as aulas de forma unificada. Entretanto, como cada capítulo compõe uma sequência didática diferente, também é possível fazer uso de cada um separadamente. O primeiro capítulo prevê uma **apresentação da das atividades propostas**, ou seja, uma apresentação da temática que permeia todo este material: Acidificação dos oceanos.

O segundo capítulo foi projetado como uma **introdução ao conceito de placas eletrônicas e sensores**. Nesta seção, o aluno encontrará desde porções mais introdutórias (O que é uma placa eletrônica?) até a formulação do seu primeiro circuito e como integrá-lo a diferentes *softwares*. O desenvolvimento da habilidade de uso dos sensores é relevante para o próximo capítulo, que utilizará destes conhecimentos formulados para uma atividade experimental.

O terceiro capítulo é uma **proposta de experimento** que combina, tanto o tema trabalhado no capítulo um, quanto as habilidades de montagem de sistemas desenvolvidas no capítulo dois. Nesta atividade, os estudantes poderão acompanhar em tempo real a mudança de pH, através de injeção manual de CO₂, de um sistema que simula a água do oceano. Para estas medições, é esperado que os alunos montem seus próprios sistemas de placas eletrônicas e sensores com o auxílio do material, bem como façam as análises dos dados obtidos.

O quarto e último capítulo explora **diferentes formatos de avaliação, exercícios** para fixação, uma proposta de **mapa mental** e, por fim, um projeto de **Divulgação Científica** para que os alunos apresentem suas descobertas experimentais ao longo do percurso do material.

Agradecimentos







UNICAMP








Sumário

Capítulo 1: O que é Acidificação dos oceanos?

	Apresentação	06
	Roda de conversa: Notícia e Concepções Prévias	07
	Conteúdo	10
	I) Reações Químicas e Equilíbrio Químico	10
	II) Fenômeno de Acidificação dos Oceanos	16
	III) Princípios da Química Verde.....	19
	Questionário individual	23

Capítulo 2: Manual de placas eletrônicas

	O que é Arduino ?	25
	Componentes	27
	Software Arduino IDE	31
	Conexões Externas	40
	Colocando em Prática	44

Sumário

Capítulo 3: Experimento de acidificação



Motivações para o Experimento48



Arduino, por quê?50



O experimento51

I) Montagem do sistema de produção e quantificação de CO₂52

II) Montagem do sistema da placa eletrônica e seus sensores55

III) Realização das medições61

IV) Interpretação de dados e elaboração de gráficos.62

Capítulo 4: Atividades e Avaliação



Projeto: Divulgação científica69



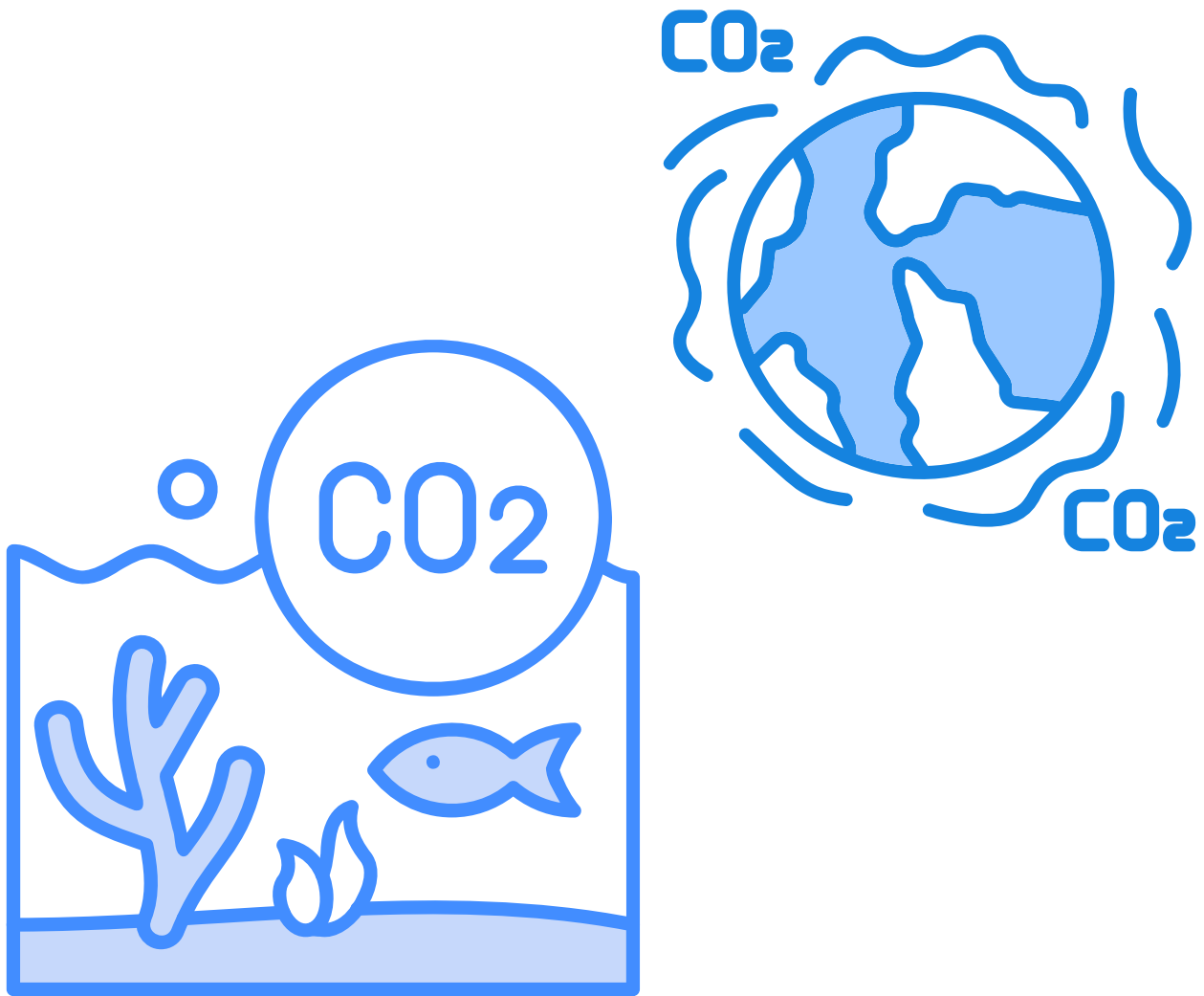
Antes do Experimento72



Mapa conceitual75



Finalização e referências76



Capítulo 1: O que é Acidificação dos oceanos?



Apresentação

O que será feito nessas próximas aulas?

Ao longo desse material, vocês irão aprender a relacionar os conceitos de **Química Verde, reações químicas e equilíbrio químico** por meio da problemática de **Acidificação dos Oceanos**. As atividades propostas são:

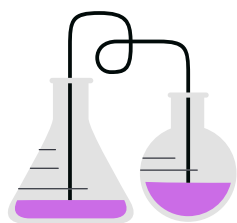
- Roda de Conversa;
- Aula expositiva;
- Experimento;
- Confecção de um material de divulgação científica.

Roda de Conversa



A sala toda deverá se organizar em uma roda de conversa para discutir sobre a Acidificação dos Oceanos. Inicialmente, será lido em conjunto um notícia que aborda esse tema para, em seguida, o professor guiar um debate sobre as concepções prévias dos alunos por meio de perguntas abertas.

Experimento



Será realizado um experimento que simule o fenômeno de Acidificação dos Oceanos, por meio da injeção de CO_2 em um recipiente com água. O objetivo é adquirir habilidades que envolvam a utilização de arduínos, coleta e análise de dados por meio de sensores (como pH, e pressão) e poder investigar com mais proximidade o fenômeno da absorção de CO_2 pela água.

Material de divulgação científica



Após todo o conteúdo apresentado, como atividade final, os alunos deverão **criar alguma mídia de divulgação científica** dentro da temática de conscientização da população sobre os riscos da Acidificação dos Oceanos



Roda de conversa: Notícia e Concepções Prévias

A seguir, segue uma notícia que a sala deverá ler em conjunto :

clima**info**

EVENTOS EXTREMOS

ECONOMIA E CLIMA

NOTÍCIAS

Silenciosa, acidificação dos oceanos atinge patamares sem precedentes

Danos já são visíveis em ecossistemas marinhos ao redor do globo; queima de combustíveis fósseis é apontada como principal causa.

“Pesquisadores do Plymouth Marine Laboratory e da NOAA descobriram que a acidificação dos oceanos ultrapassou globalmente seu limite seguro no ano 2000, ameaçando ecossistemas marinhos em escala global. O estudo, publicado na revista “Global Change Biology”, mostra que as águas superficiais já atingiram níveis perigosos, enquanto 60% das regiões e até 200 metros de profundidade também ultrapassaram esse patamar. Os cientistas alertam que os impactos são mais graves e extensos do que se imaginava. O processo é considerado como uma destrutividade silenciosa causada pelas mudanças climáticas.

Os danos já são visíveis em diversos ecossistemas: recifes de coral tropicais perderam 43% de seus habitats adequados e moluscos costeiros tiveram redução de 13% em suas áreas de sobrevivência. Nas regiões polares, as borboletas-do-mar, espécies-chave na cadeia alimentar, enfrentam perdas de até 61% de seu habitat natural. O estudo recomenda a revisão do limite de segurança, já que uma variação de apenas 10% em relação aos níveis pré-industriais é suficiente para causar danos significativos. As regiões polares são as mais afetadas na superfície, enquanto águas profundas próximas aos pólos e a zonas de ressurgência, como as costas da América do Norte e do Equador, registram as mudanças mais severas. Como grande parte da vida marinha habita camadas intermediárias e profundas, os efeitos da acidificação podem ser ainda mais graves do que o previsto, ameaçando corais de profundidade, moluscos e espécies bentônicas, como caranguejos e ostras.



Roda de conversa: Notícia e Concepções Prévias

A queda no pH reduz a disponibilidade de carbonato de cálcio, mineral essencial para a formação de conchas e esqueletos em organismos marinhos. Espécies como corais, mexilhões e ouriços-do-mar enfrentam crescimento mais lento, estruturas enfraquecidas e menor sucesso reprodutivo. Esse fenômeno não só coloca em risco a biodiversidade, mas também atividades humanas dependentes dos oceanos, como pesca e turismo.

Além dos danos ecológicos, a acidificação tem sérias implicações econômicas. Recifes de coral e a aquicultura sustentam bilhões em receitas e subsistência de comunidades costeiras. Steve Widdicombe, coautor do estudo, alerta que adiar ações significa colocar em risco tanto a vida marinha, quanto as economias locais. A pesquisa reforça a necessidade de medidas urgentes para se proteger áreas menos impactadas e fortalecer a resiliência dos ecossistemas.

Os autores defendem políticas de conservação direcionadas às regiões mais vulneráveis e melhor gestão dos oceanos diante das múltiplas pressões ambientais. Eles destacam que a proteção de habitats profundos e a redução das emissões de CO₂ são passos essenciais para minimizar os impactos da acidificação. O estudo serve como um alerta global: sem ações imediatas, os danos aos oceanos podem se tornar irreversíveis.

‘É complicado observar os efeitos biológicos porque eles vão levar muito tempo para se manifestar, e diferenciar os impactos da acidificação dos oceanos de outros fatores como temperatura, pressão da pesca e poluição torna realmente difícil criar impulso e mobilização entre os tomadores de decisão e formuladores de políticas para enfrentar o problema com a seriedade necessária’, diz o professor Steve Widdicombe, diretor de ciência do PML e uma das principais vozes globais sobre acidificação dos oceanos ao Guardian.”

Fonte: Silenciosa, acidificação dos oceanos atinge patamares sem precedentes. (2025, junho 9). *ClimaInfo*. <https://climainfo.org.br/2025/06/09/silenciosa-acidificacao-dos-oceanos-atinge-patamares-sem-precedentes/> Acesso em 5 de nov. de 2025.



Roda de conversa: Notícia e Concepções Prévias

1) Você já conhecia o fenômeno de acidificação dos oceanos?

2) Com base na **notícia** apresentada e nos **seus conhecimentos**, o que você acha que causa essa acidificação?




3) Por que este é um assunto importante?

4) Usando os **conhecimentos de Química**, como você explicaria o processo de acidificação?



5) O que poderia ser feito para **lidar** com essa problemática?



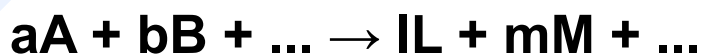
Conteúdo

I) Reações Químicas e Equilíbrio Químico

Uma reação química consiste na conversão de certas substâncias em outras, observando-se que:

1. As substâncias reagem entre si segundo proporções fixas e definidas;
2. A reação progride até estabelecer-se um estado de equilíbrio caracterizado pela invariabilidade da composição do sistema.

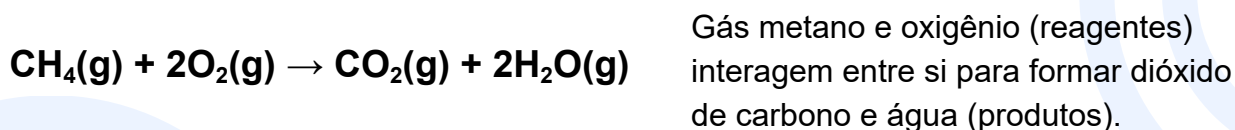
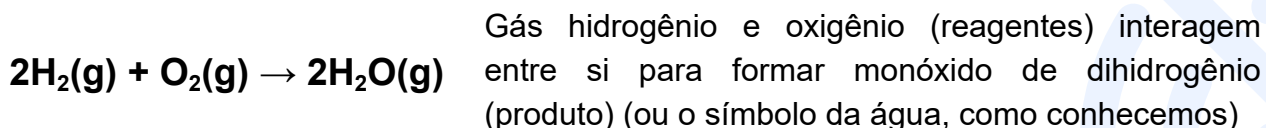
Considerando a temperatura e pressão constantes, uma reação química pode ser representada pela equação estequiométrica:



Onde as letras minúsculas indicam os coeficientes estequiométricos e as maiúsculas os componentes químicos. Chamamos os elementos que vem antes da seta de reagentes e os que vem depois de produtos.



Seguem alguns exemplos



Notem que todo o conteúdo dos reagentes é usado quando formam os produtos. No caso do exemplo 1, duas moléculas de H_2 interagem com uma molécula de O_2 , ou seja, temos um total de 4 átomos de Hidrogênio e 2 de Oxigênio, que “resultam” em 2 moléculas de H_2O , que continuam sendo 4 átomos Hidrogênio e 2 de Oxigênio. Esse é o princípio da **conservação das massas** e deve sempre ser respeitado!

Conteúdo

I) Reações Químicas e Equilíbrio Químico

Equilíbrio Químico

Agora imagine um recipiente com os reagentes representados por “A” que interagem entre si para gerar o produto “B”, representado na imagem abaixo. Conforme passa o tempo, a quantidade de A presente no recipiente diminui para que B aumente.

Mas será que toda a quantidade dos reagentes será convertida em produto?

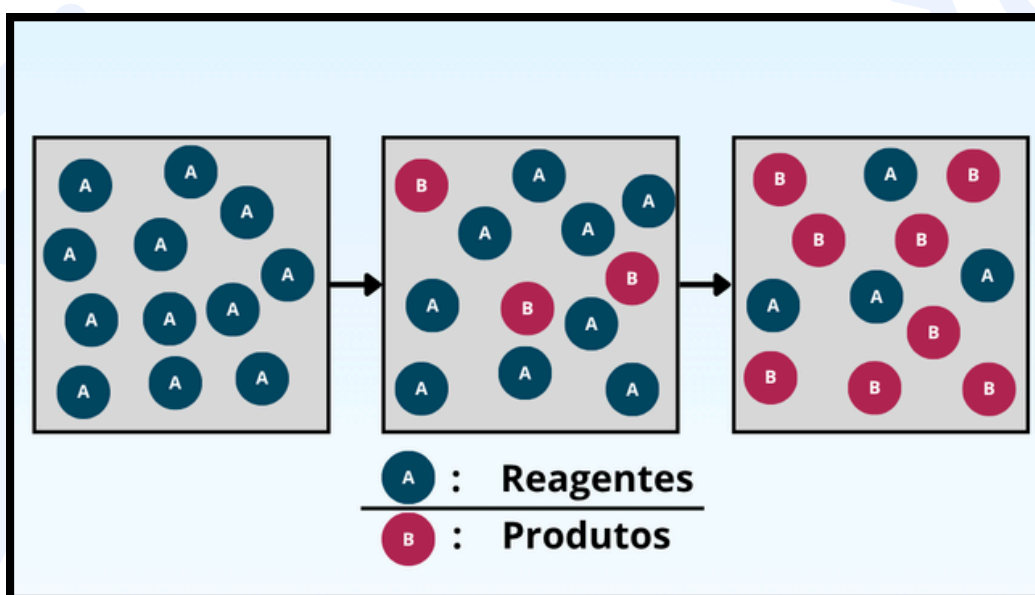


Figura 01: Esquema para representar o equilíbrio químico.

Fonte: Autoria própria.

A resposta nem sempre é sim!

Isso ocorre pois existem reações reversíveis em que tanto a reação direta (A se convertendo em B) quanto a reação inversa (B se convertendo em A) podem ocorrer. Quando o sistema está em **desequilíbrio químico**, ele tende a evoluir para um de **equilíbrio químico**, que ocorre após uma quantidade dos reagentes ser transformada em produto (reação direta) e os produtos de volta aos reagentes (reação inversa), de forma que a quantidade de cada espécie presente no recipiente permaneça constante.

O sistema, quando em **equilíbrio químico**, possui os reagentes e produtos em concentrações que não mudam. As reações em equilíbrio tem a representação de uma seta direcionada para o reagente e produto (\rightleftharpoons).

Ou seja, após certo tempo de reações, a concentração dos reagentes e produtos se mantém a mesma: esse é o **equilíbrio químico** e o sistema permanecerá nele até a próxima perturbação.

Conteúdo

I) Reações Químicas e Equilíbrio Químico

Equilíbrio Químico

Completando a imagem anterior, teríamos o seguinte esquema representando o equilíbrio químico na forma $A \rightleftharpoons B$

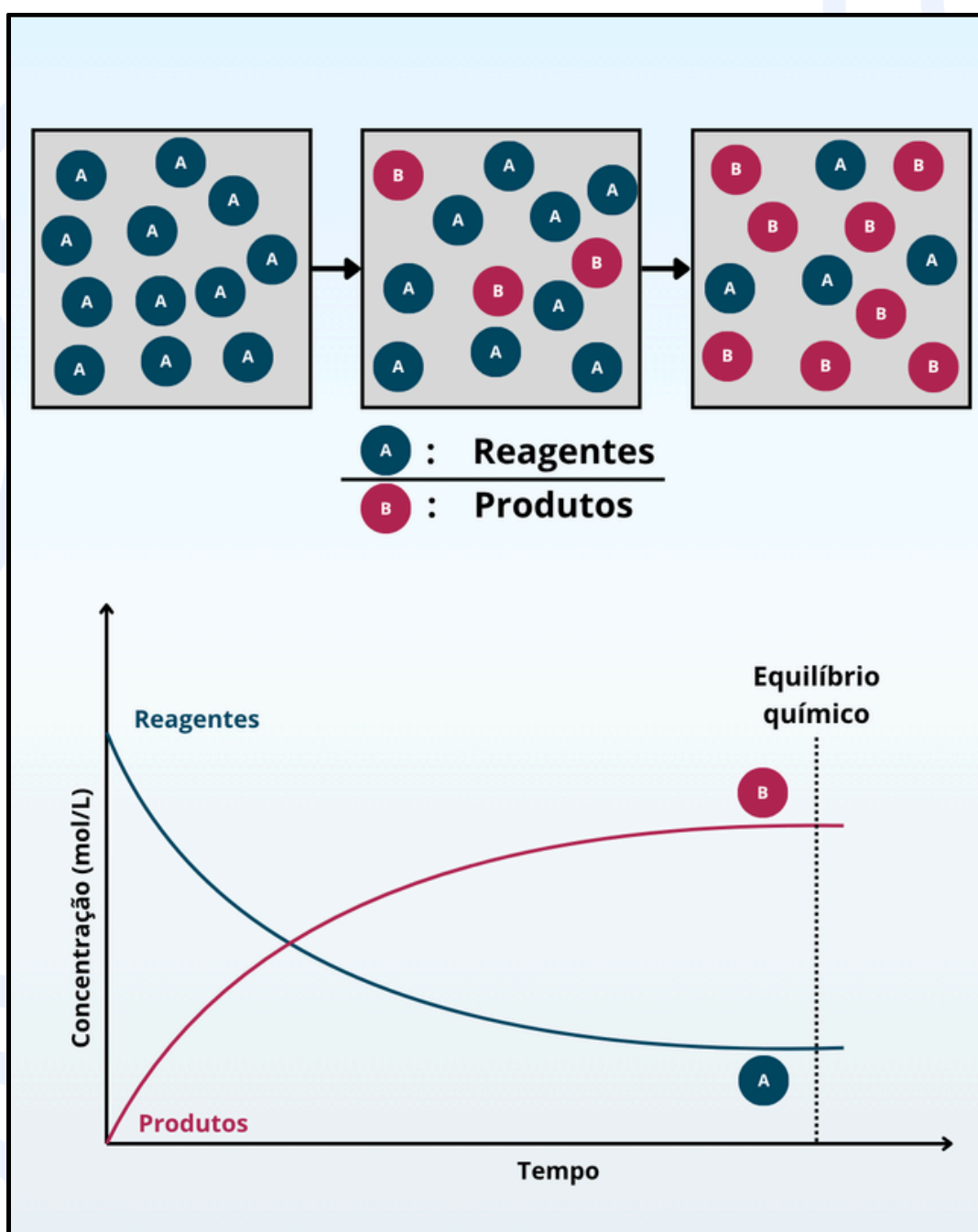


Figura 02: Esquema para representar o equilíbrio químico + gráfico.

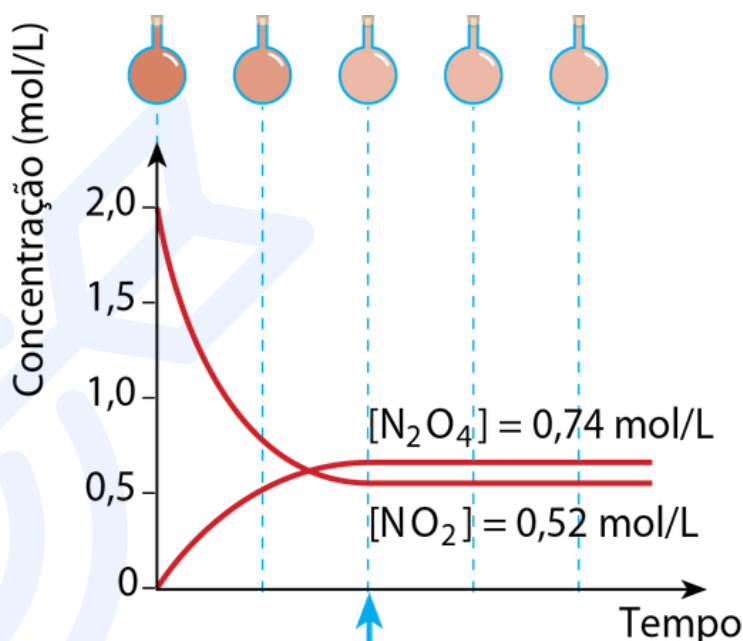
Fonte: Autoria própria.

Conteúdo

I) Reações Químicas e Equilíbrio Químico

Exercícios de fixação

1) Concentração em função do tempo



Em um experimento, à temperatura constante de 100°C , colocam-se 2,00 mol de NO_2 em um recipiente de 1,00 L. Com o passar do tempo, a intensidade da coloração castanha, característica da substância, diminui gradualmente, o que se deve à transformação do NO_2 em N_2O_4 .

O gráfico ao lado representa a variação das concentrações, em mol/L de N_2O_4 e NO_2 desse experimento ao longo do tempo.

Exercício adaptado de: CANTO, E. L. DO; LEITE, L. C. C.; CANTO, L. C. Moderna Plus: Química na Abordagem do Cotidiano. 1. ed. São Paulo: Editora Moderna LTDA., 2024. Volume único.

(a) Em dado momento, indicado pela seta azul em baixo do gráfico, as concentrações passam a ser constantes. Com qual conceito visto em aula esse fato se relaciona?

(b) Qual das equações abaixo pode representar o fenômeno **após as concentrações ficarem constantes**? Explique o porquê.

- I. $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \rightleftharpoons 4\text{NO}_2(\text{g})$
- II. $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NO}_2(\text{g})$
- III. $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \rightarrow 2\text{NO}_2(\text{g})$
- IV. $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \leftarrow 2\text{NO}_2(\text{g})$

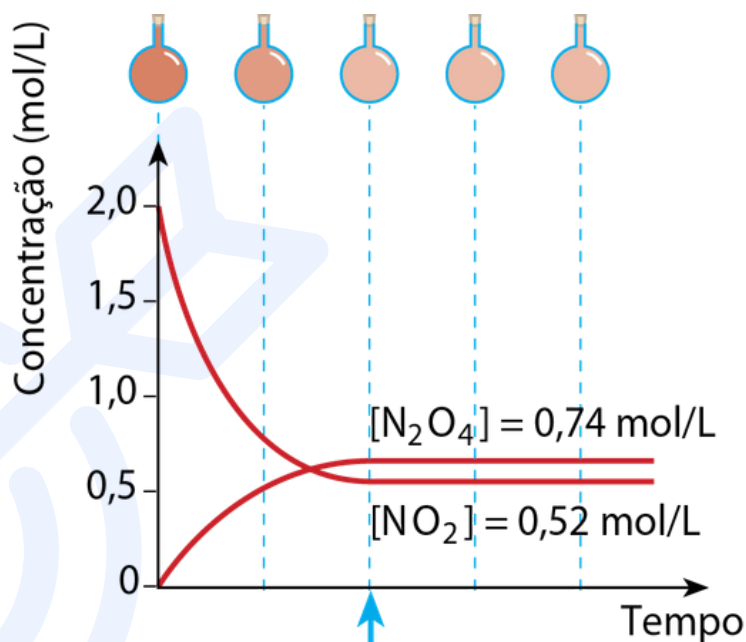


Conteúdo

I) Reações Químicas e Equilíbrio Químico

Exercícios de fixação

(1) Continuação...



(c) (Para ser feito com o professor) Explique o porquê de existir esse estado de equilíbrio para essa substância.

Exercício adaptado de: CANTO, E. L. DO; LEITE, L. C. C.; CANTO, L. C. Moderna Plus: Química na Abordagem do Cotidiano. 1. ed. São Paulo: Editora Moderna LTDA., 2024. Volume único.

2) Confiram se as seguintes reações químicas estão balanceadas, ou seja, se o princípio de conservação de massas está sendo respeitado. Caso não estejam, ajustem seus coeficientes estequiométricos (obs: tanto os reagentes quanto os produtos podem estar incorretos):

Nota: os estados das moléculas foram removidos para facilitar a leitura.

- (a) $2H_2O \rightarrow 4H_2 + 2O_2$
- (b) $2SO_2 + O_2 \rightarrow SO_3$
- (c) $N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$
- (d) $C_2H_4 + 6F_2 \rightarrow 2CF_4 + 2HF$
- (e) $4NH_3 \rightarrow NO + H_2O$

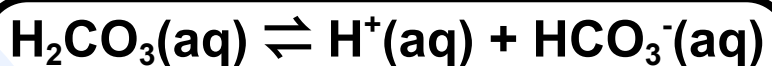
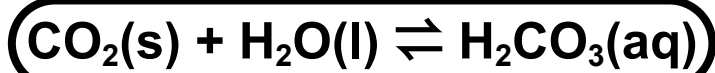
Conteúdo

II) Acidificação dos Oceanos

Sabe-se que uma parte dos gases atmosféricos é composta de dióxido de carbono (CO₂). Esse gás é o principal componente do efeito estufa, responsável por “reter” o calor recebido pelo Sol na Terra. A concentração de CO₂ na atmosfera vem crescendo gradativamente nos últimos anos, resultando em uma maior retenção de calor e, conseqüentemente, um aumento preocupante na temperatura da Terra, além de ocasionar um fenômeno conhecido como Acidificação dos Oceanos, que será o tema principal dessas aulas.



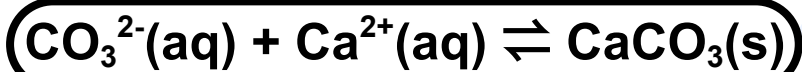
Parte do CO₂ atmosférico (entre 25% e 30%) é absorvido pela água, principalmente pelos mares. Após essa absorção, o CO₂ reage com a água (H₂O) e se transforma em ácido carbônico (H₂CO₃). Esse ácido, por ser uma molécula instável em meio aquoso, libera um hidrogênio (H⁺) e se transforma no íon bicarbonato (HCO₃⁻). Após isso, esse íon sofre outra reação, perdendo outro hidrogênio e se transformando no íon carbonato (CO₃²⁻). Ou seja, são emitidos dois íons de hidrogênio H⁺ na água, contribuindo para sua acidificação. A seguir, estão as equações desse processo.



Conteúdo

II) Acidificação dos Oceanos

O íon carbonato formado pode reagir com íons de cálcio (Ca^{2+}) livres na água, gerando o carbonato de cálcio (CaCO_3), que é um componente de extrema importância para a formação de esqueletos dos corais, moluscos, crustáceos, entre outros animais marítimos.



O processo da acidificação começa quando há uma presença excessiva de CO_2 na atmosfera resultante da poluição humana, resultando em que muito desse gás seja absorvido pelos oceanos e gerando mais íons de hidrogênio H^+ livres. Isso, ao longo do tempo, promove a diminuição do pH da água do mar. Além disso, o íon carbonato CO_3^{2-} tem maior reatividade com o hidrogênio que com o cálcio, ou seja, este processo pode resultar em um aumento das reações para a reformulação do íon bicarbonato HCO_3^- e diminuídas para a formação do carbonato de cálcio CaCO_3 , por meio do princípio do **equilíbrio químico**.



Com a menor presença de CaCO_3 , os animais citados possuem menos matéria prima para compor seus cascos e esqueletos de calcário, deixando-os mais expostos a predadores e, conseqüentemente, diminuindo suas chances de sobrevivência.

Pode-se citar outras conseqüências da acidificação do oceano:

- **Acidose:** diminuição do pH no plasma sanguíneo de animais marinhos.
- **Hipercapnia:** aumento do CO_2 no plasma sanguíneo de animais marinhos.

Ambos os processos deixam esses animais mais vulneráveis a doenças e parasitas. Também prejudicam o mecanismo de ecolocalização que alguns animais utilizam (como baleias e golfinhos), fazendo com que se percam com mais facilidade.

Conteúdo

II) Acidificação dos Oceanos

A seguir, um esquema que resume a Acidificação dos Oceanos:

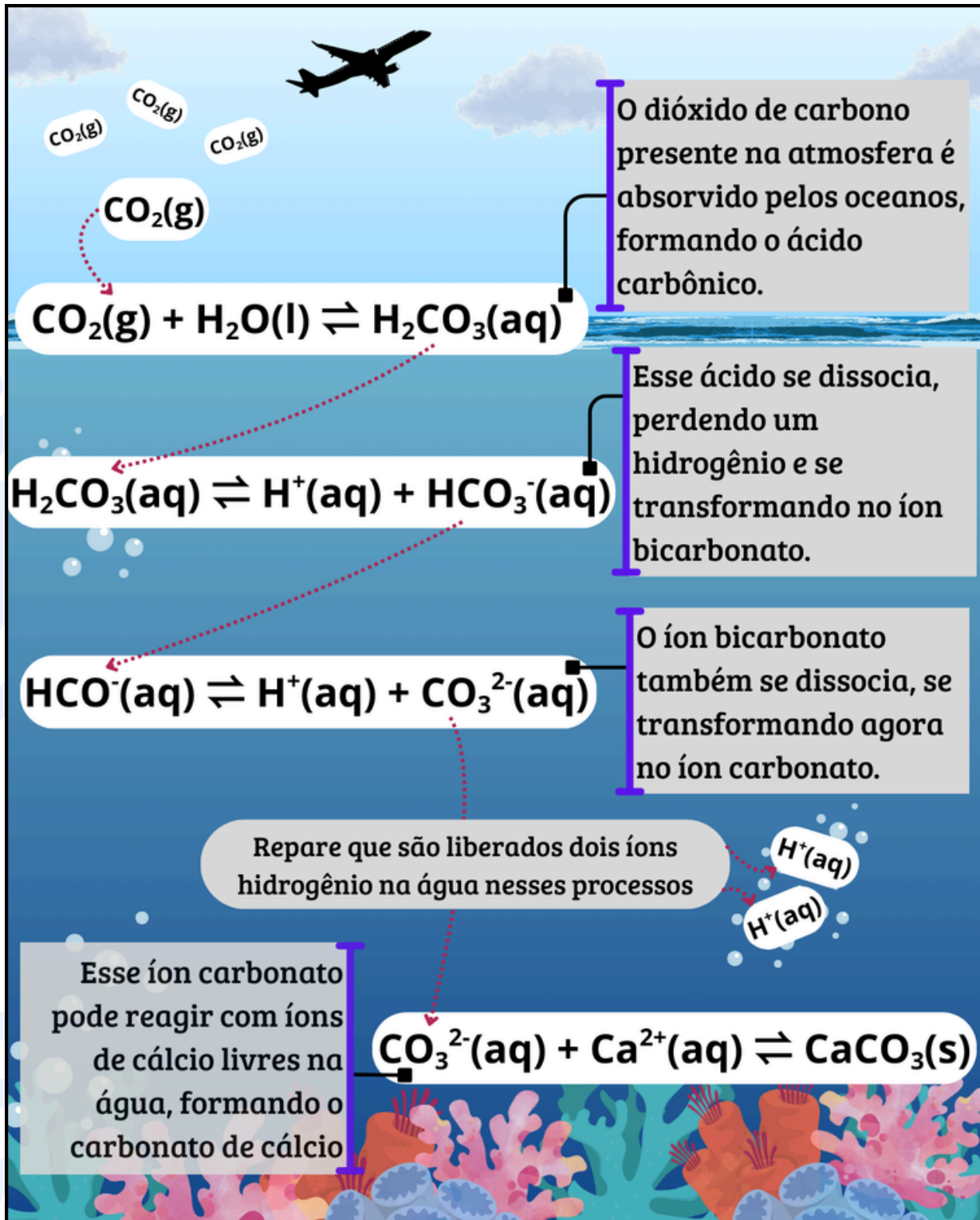


Figura 03: Esquema para representar o processo de acidificação dos oceanos.

Fonte: Autoria própria.



Conteúdo

III) Princípios da Química Verde

A Química Verde é um conceito que foi formulado, mediante a questão problemática de poluição excessiva causada por processos químicos nas indústrias, formas de aprimorar processos químicos, mantendo eficiência e rendimento das produções desejadas. Ela se baseia em responsabilidade social, química e ecológica, pesquisando e analisando diferentes tipos de materiais, catalisadores, reagentes, meios e tratamentos de resíduos para diminuir os impactos negativos ao meio ambiente e à vida humana.

Ela é dividida em **12 princípios**, que são.

1) Prevenção: Evitar a geração de resíduos. As produções produzem uma quantidade desnecessária de resíduos prejudiciais à saúde humana e ao meio ambiente, com destaques na indústria farmacêutica (sendo o maior problema, o uso descontrolado solventes);

2) Economia de Átomos: Maximização do uso do material de “entrada” para que haja aproveitamento máximo dele no material final;



Fonte: Ivanković, A. Review of 12 Principles of Green Chemistry in Practice. *International Journal of Sustainable and Green Energy*, v. 14, n. 3, p. 39–48, 2017.



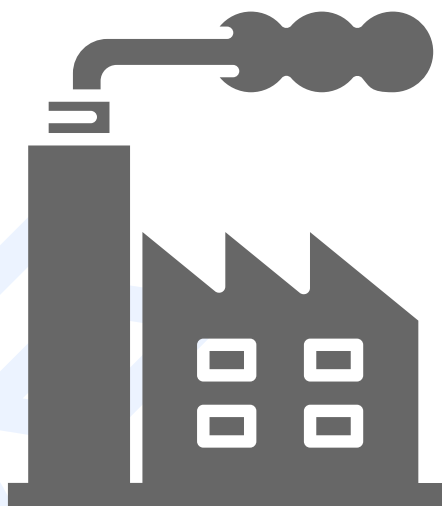
3) Síntese Segura: Processos sintéticos devem usar e gerar substâncias minimamente perigosas para o ser humano e meio ambiente;

4) Desenho de Produtos Seguros: Os produtos devem ser desenvolvidos de forma que cumpram sua função minimizando sua toxicidade;



Conteúdo

III) Princípios da Química Verde

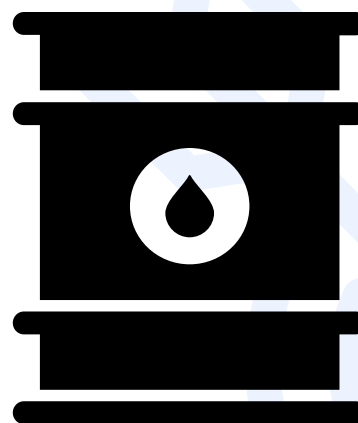


5) Solventes e Auxiliares mais Seguros: Essas substâncias devem ser evitadas sempre que possível ou serem inócuas quando usadas. Atualmente há a promessa de substituir os solventes orgânicos por recicláveis, que seriam líquidos iônicos (pouco voláteis);

6) Eficiência Energética: Minimização dos impactos ambientais e econômicos negativos de processos químicos, por meio de métodos que façam melhor uso da energia;

7) Fontes Renováveis de Matéria-prima: Uso de matérias-primas que, após usadas, geram resíduos que possam ser úteis para outros processos ou decompostos com facilidade pelo ambiente;

8) Evitar a Formação de Resíduos: Minimização de derivados desnecessários por meio da otimização de processos de reações que precisam de mais reagentes e podem gerar resíduos indesejados;



Fonte: Ivanković, A. Review of 12 Principles of Green Chemistry in Practice. **International Journal of Sustainable and Green Energy**, v. 14, n. 3, p. 39–48, 2017.

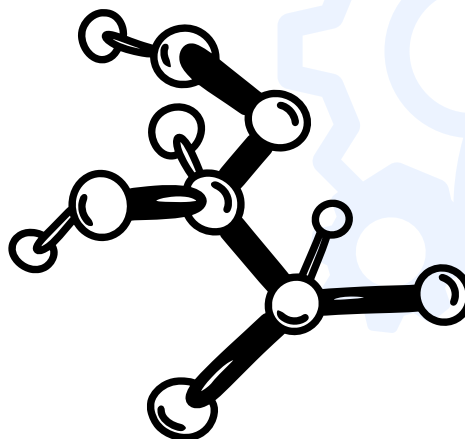


Conteúdo

III) Princípios da Química Verde

9) Catálise: Catalisadores são compostos que aceleram e otimizam a produção de algum processo químico. Há a possibilidade do uso de enzimas, que, não se alteram no processo e constituem um composto orgânico renovável. Entretanto, ainda há o impedimento de serem pouco estáveis e sensíveis ao calor;

10) Produtos Degradáveis: Estimular o design de produtos químicos que, após cumprirem suas funções, possam ser decompostos em produtos inócuos que não prejudiquem o meio ambiente;



11) Análise de Tempo Real para Prevenção (da poluição): Desenvolvimento de um monitoramento e controle em tempo real da formação de substâncias perigosas;

12) Química Segura: Minimização do risco de acidentes (como explosões, incêndios e gases tóxicos) com o uso de substâncias mais seguras. Essa segurança pode ser definida como o controle de perigos conhecidos para atingir um nível de risco aceitável.

Fonte: Ivanković, A. Review of 12 Principles of Green Chemistry in Practice. *International Journal of Sustainable and Green Energy*, v. 14, n. 3, p. 39–48, 2017.

Conteúdo

III) Princípios da Química Verde

Resumo dos princípios da Química Verde



Figura 04: Os 12 princípios da Química Verde propostos por John C. Warner e Paul T. Anastas
Fonte: Anastas e Warner (2025, p. 42).



Questionário individual

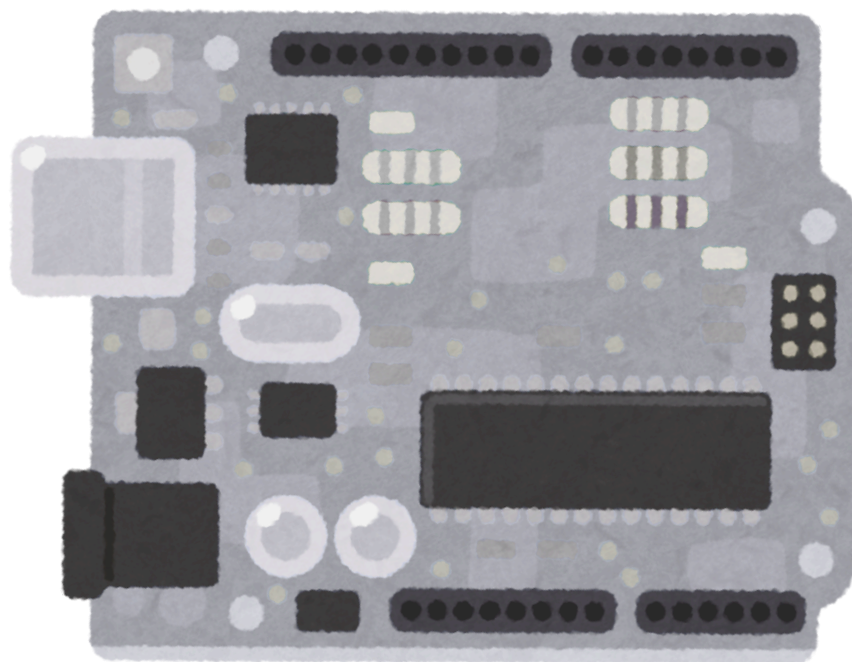
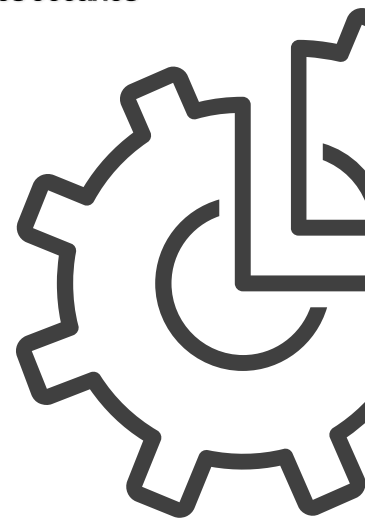
Mediante aos assuntos abordados, serão apresentadas três questões que buscam integrar todo o conteúdo apresentado. Por isso, lembre-se de fazer respostas completas, que dialoguem tanto com os conceitos das aulas, quanto com outros conhecimentos que você julgar necessário para complementar sua resposta.

Questão 1: Pensando no ambiente marinho como um ecossistema complexo, envolvendo seres vivos e não vivos, **explique** de que forma o processo de acidificação dos oceanos interfere e modifica esse ecossistema?

Questão 2: Na imagem que descreve as equações químicas do processo de acidificação dos oceanos, está representado que o CO_2 reage com as moléculas de água. Porém, não é todo o CO_2 que reage, você saberia dizer o porquê? **Justifique** o motivo de sua resposta, explicitando o processo químico envolvido.

Questão 3: Entendendo, tanto os organismos vivos e não vivos do ecossistema, quanto as reações químicas e as implicações destes no processo de acidificação dos oceanos, utilize os princípios da química verde abordados nas páginas **19-22** e identifique **pelo menos** dois deles que podem ser trabalhados.

Suponha que você, membro de uma comunidade, quer auxiliar a discussão e reflexão sobre a acidificação dos oceanos. Você fez os experimentos necessários, mas precisa encontrar uma forma de demonstrar suas descobertas para a comunidade. Quais as formas para fazer isso? No caso de um material audiovisual, como escolher a melhor linguagem na hora de passar o que você descobriu?



Capítulo 2: Manual de Placas eletrônicas

O que é Arduino ?

Segundo o site oficial, Arduino é uma plataforma eletrônica de código aberto baseada em *hardware* e *software*. Portanto, o seu código fonte é aberto para o público e, por isso, a comunidade como um todo é capaz de aprimorar e explorar diferentes usos para esta ferramenta, incluindo contextos educacionais.

O componente principal para a execução dos projetos utilizando o Arduino é uma placa eletrônica que será conectada ao computador e outros sensores. Um exemplo de uma dessas placas é encontrado na figura a seguir:

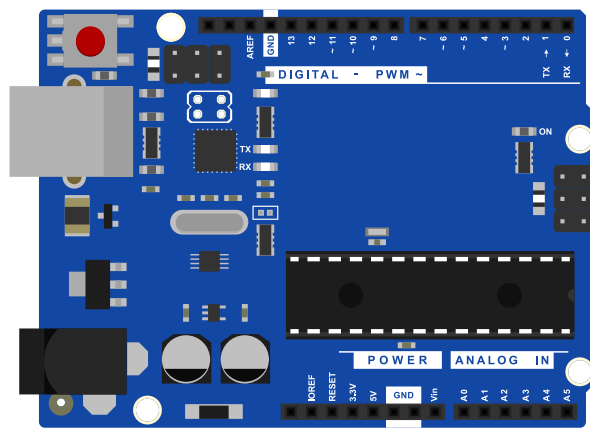


Figura 05: Representação gráfica de uma placa semelhante ao Arduino UNO

Fonte: Canva.

Mesmo sendo a mais famosa entre as placas eletrônicas, o Arduino não é a única, uma vez que o código fonte é aberto, ou seja, outras pessoas podem desenvolver outras placas, como a ESP. Apesar de serem de marcas diferentes, elas podem exercer as mesmas funções, com algumas diferenças que vamos explicitar na seção do Software.

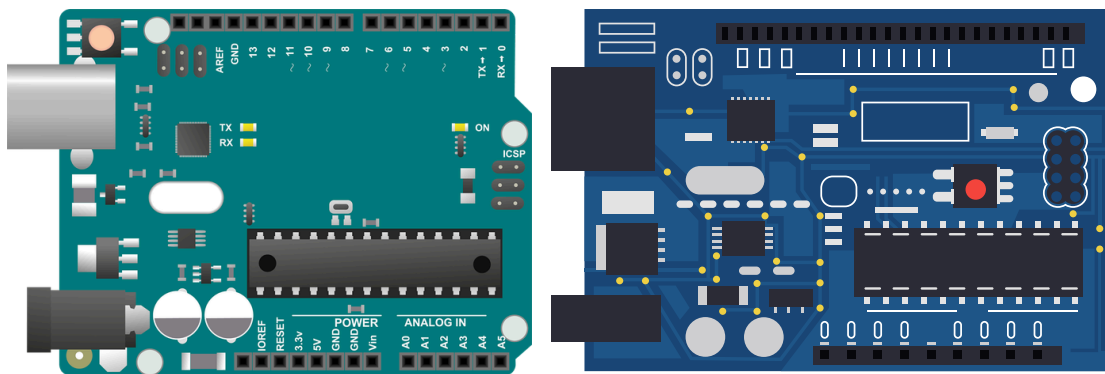


Figura 06 e 07: Representações gráficas de outras placas semelhantes ao Arduino

Fonte: Canva.

Fonte: ARDUINO.
Arduino. Disponível em:
<https://www.arduino.cc>.

O que é Arduino ?

Como uma placa eletrônica, o Arduino tem diversas conexões que tem propósitos diferentes. Além disso, placas diferentes podem ter mais ou menos conexões, além de funções diversas, como a conexão com a internet, por exemplo. A seguir, explicamos brevemente cada uma das conexões em uma placa comum:

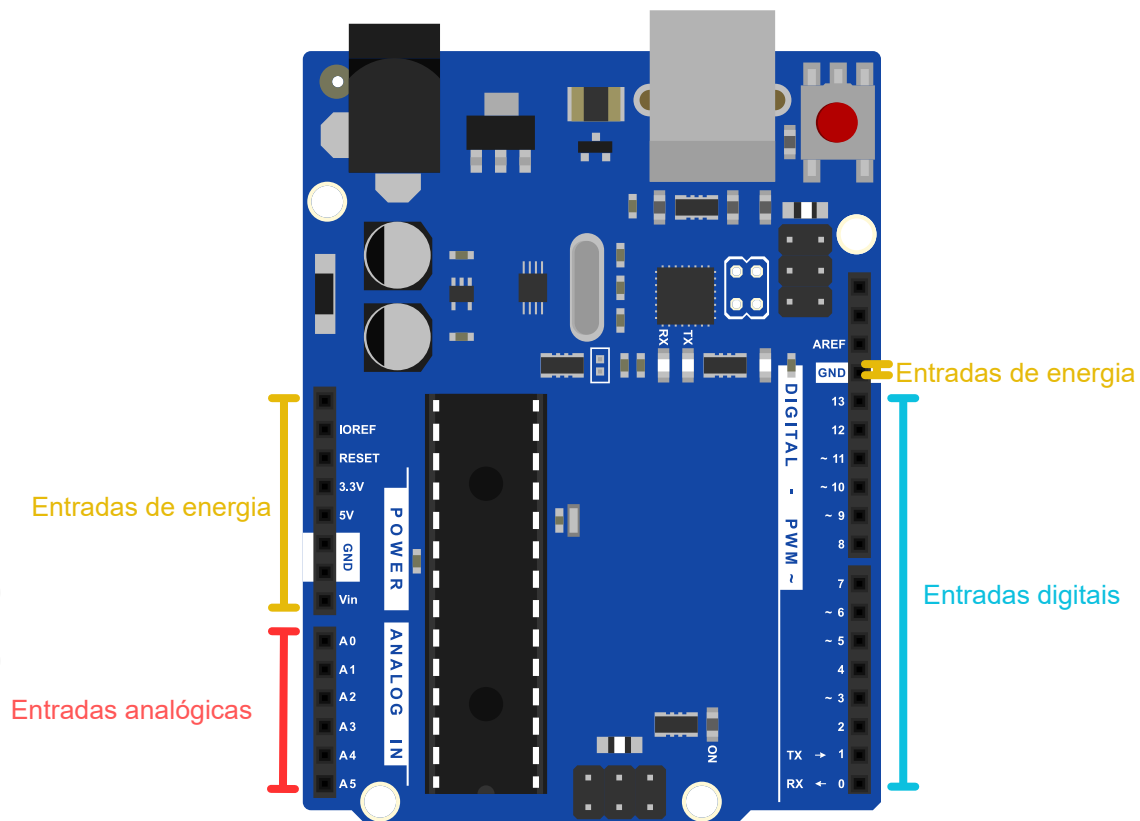


Figura 08: Representação gráfica de uma placa semelhante ao Arduino UNO

Fonte: Canva.



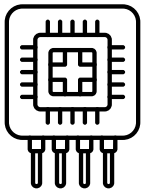
Entradas de energia (3V e 5V) e de “Terra” (GND) usada para fechar os circuitos.



Pinos digitais podem estar em dois estados: LIGADO ou DESLIGADO para controle de componentes como LEDs.



Os pinos analógicos são utilizados para captar dados de sensores com complexidade para além das funções dos pinos digitais.



Componentes

Utilizada para múltiplos propósitos, a placa eletrônica é complementada com o uso de diversos componentes, como sensores, atuadores e módulos. A seguir, exemplificaremos cada um destes:

Sensores

Sensores, em sua maioria, são utilizados de forma a permitir que a placa eletrônica mensure e interprete fenômenos do mundo real, tais como pressão, temperatura e umidade. Por isso, diversas empresas disponibilizam para venda sensores que conectam-se diretamente com as placas eletrônicas. Dois exemplos de sensores podem ser encontrados a seguir:

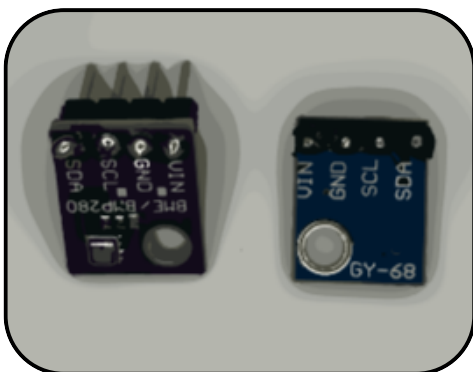


Figura 09: Sensor BMP180

Fonte: Autoria própria

O sensor BMP180 pode ser utilizado para medir **temperatura, pressão e umidade**. A média de preço para este sensor encontra-se entre R\$7,00 e R\$11,00.

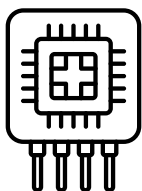


Figura 10: Sensor + módulo Ph-4502c

Fonte: Autoria própria

O sensor Ph-4502c pode ser utilizado para medir **pH** de diferentes substâncias. Todavia, este sensor necessita também de um módulo, que será nosso próximo tópico. A média de preço para este sensor + o módulo encontra-se entre R\$120,00 e R\$200,00.

Fonte: ARDUINO.
Arduino. Disponível em:
<https://www.arduino.cc>.



Componentes

Módulos

Os módulos são porções adicionais de placas eletrônicas para a placa principal, que podem exercer diversas funcionalidades, como por exemplo: Integrar sensores e displays; Providenciar conexão à *Wi-Fi* e *Bluetooth*.

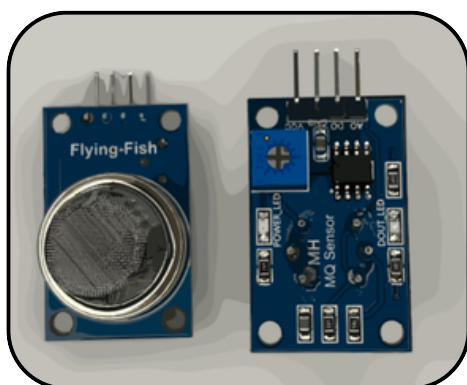


Figura 11: Módulo + Sensor MQ-2

Fonte: Autoria própria

O sensor MQ-2, acompanhado de seu módulo pode ser utilizado para medição de gás metano, butano, propano e fumaça. A média de preço para este sensor + o módulo encontra-se entre R\$20,00 e R\$30,00.

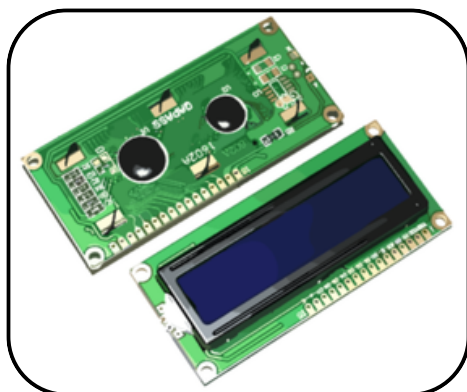
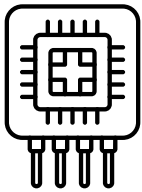


Figura 12: Display Lcd 16x4 genérico

Fonte: Autoria própria

O display de tela LCD de fundo azul é um módulo que pode ser empregado de diversas formas, para diferentes objetivos. Um exemplo pode ser combiná-lo com o sensor MQ-2 para emitir uma mensagem de alerta quando os níveis de gases estiverem a cima de alguma margem estabelecida. A média de preço para este módulo encontra-se entre R\$20,00 e R\$60,00.

Fonte: ARDUINO.
Arduino. Disponível em:
<https://www.arduino.cc>.



Componentes

Atuadores

Os atuadores são componentes que, quando ligados à placa eletrônica, são capazes de produzir movimento, ou seja, atuar no ambiente. Um exemplo de atuadores são os servo motores e os *buzzers*.



Figura 13: Servo motor SG90
Fonte: Autoria própria

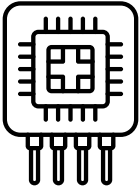
O Servo motor SG90, é um atuador utilizado para realizar movimentações mediante ao que é indicado para o componente. A média de preço para esta ferramenta encontra-se entre R\$10,00 e R\$30,00.



Figura 14: Módulo buzzer passivo
Fonte: Autoria própria

O Módulo buzzer passivo, é um atuador utilizado para emitir sons. Sendo assim, este componente pode ser configurado para alarmes, músicas, alertas, entre outros. A média de preço para esta ferramenta encontra-se entre R\$10,00 e R\$20,00.

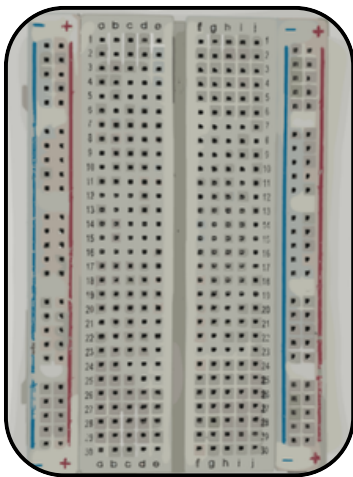
Fonte: ARDUINO.
Arduino. Disponível em:
<https://www.arduino.cc>.



Componentes

Outros componentes utilizados

Para além dos três tipos de componentes utilizados, existem também outros complementos para uso nos circuitos montados com as placas eletrônicas. Sendo assim, comentaremos duas delas, a *protoboard* e os *jumpers*.



A *protoboard* é uma forma facilitada para conectar circuitos sem a necessidade de soldá-los. Nos cantos, a conexão entre os diversos furos encontra-se na vertical, sendo um deles uma linha positiva (vermelha) e uma negativa (azul). Nas linhas e colunas descritas por números e letras, a conexão entre os furos encontra-se na horizontal. A média de preço para esta ferramenta encontra-se entre R\$20,00 e R\$30,00.

Figura 15: Representação gráfica de uma *protoboard*.

Fonte: Autoria própria.

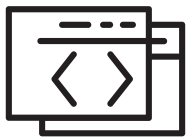


Os *Jumpers* são os cabos que realizam as conexões. A extremidade do cabo define se o mesmo será denominado “macho” ou “fêmea”. Um kit com cerca de 40 *Jumpers* pode ser encontrado por cerca de R\$30,00

Figura 16: *Jumpers macho/fêmea*

Fonte: Autoria própria.

Fonte: ARDUINO.
Arduino. Disponível em:
<https://www.arduino.cc>.



Software Arduino IDE

Após a explicação sobre os sistemas físicos que compõe o Arduino (*hardware*), passaremos para a explicação do programa (*software*) que permite a integração destes sistemas físicos através de códigos. Para iniciar, dirija-se até: <https://www.arduino.cc/en/software>.



Clique nesta opção para realizar o *download*.

Figura 17: Captura de tela retirada do site da plataforma.
Fonte: Autoria própria

Após o término do *download* abra o executável que foi baixado, leia os termos e em sequência clique na opção “**Eu concordo**”.

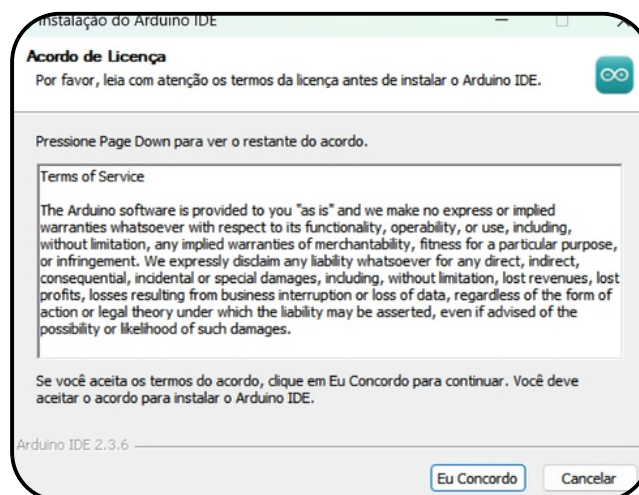


Figura 18: Captura de tela retirada no processo de instalação do *software*.
Fonte: Autoria própria

Fonte: ARDUINO. **Software.** Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/software>>.

Software Arduino IDE

Em sequência, selecione se você irá instalar o aplicativo para todos que utilizam o computador (necessita de permissões de administrador) ou para apenas o perfil que está utilizando e clique em “próximo”.

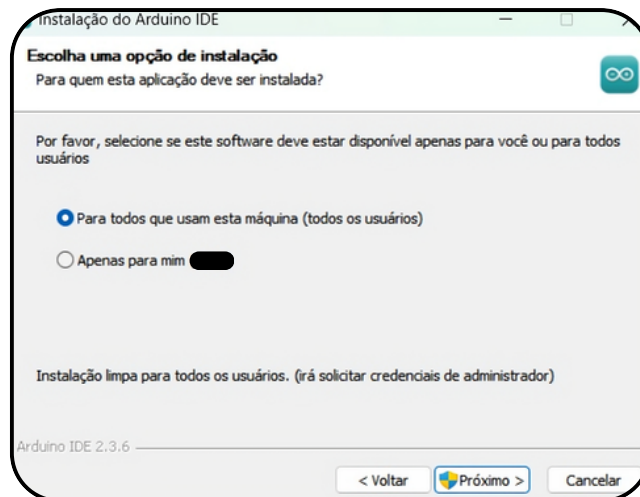


Figura 19: Captura de tela retirada no processo de instalação do *software*.

Fonte: Autoria própria

Logo após, indique o local de instalação e, em sequência, clique na opção “instalar”.

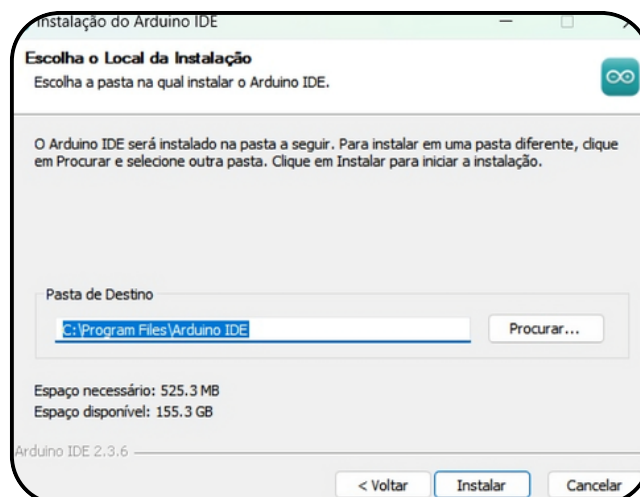


Figura 20: Captura de tela retirada no processo de instalação do *software*.

Fonte: Autoria própria

Fonte: ARDUINO. **Software.** Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/software>>.



Software Arduino IDE

Após o término do processo anterior, você se encontrará com a tela final de instalação, assinala a opção “**Executar o Arduino IDE**” e, em sequência, clique em “**concluir**”.



Figura 21: Captura de tela retirada no processo de instalação do *software*.
Fonte: Autoria própria

Após clicar na opção anterior e/ou iniciar o aplicativo em qualquer outro momento, você se encontrará diante da seguinte tela. A seguir, explicaremos um pouco de cada uma das funções desta tela inicial

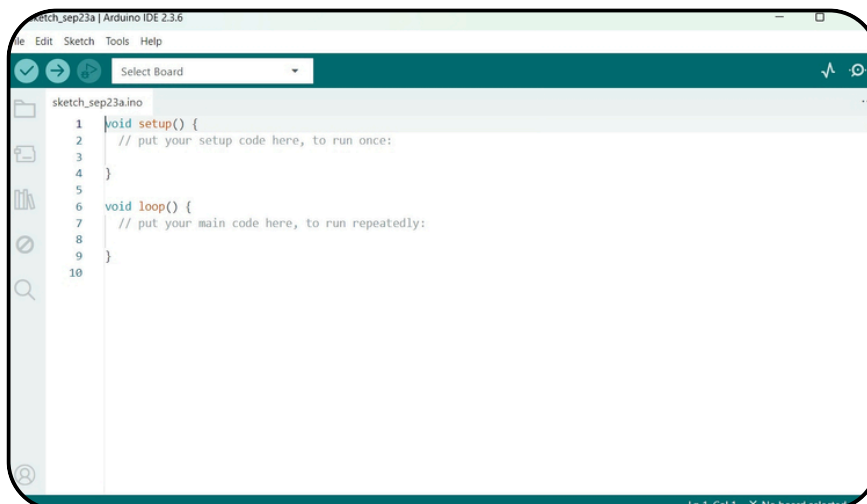
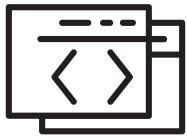


Figura 22: Captura de tela feita no *software* Arduino IDE.
Fonte: Autoria própria

Fonte: ARDUINO. **Software.** Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/software>>.



Software Arduino IDE

Em um primeiro momento, o que desperta a atenção é a porção central da tela, onde se encontra o local em que será inserido o código a ser executado em sua placa eletrônica.

```

sketch_sep23a.ino
1  void setup() {
2    // put your setup code here, to run once:
3
4  }
5
6  void loop() {
7    // put your main code here, to run repeatedly:
8
9  }
10

```

O código pode ser escrito manualmente, caso você compreenda sobre linguagens de programação. Entretanto, ferramentas de Inteligência Artificial são fortes aliadas para auxiliar neste processo de formulação de código.

Figura 23: Captura de tela feita no *software* Arduino IDE.

Fonte: Autoria própria

Na porção esquerda do programa, temos uma seção importante, que está dividida em diferentes ícones. A seguir, se encontra um detalhamento breve de cada opção e, mais adiante, algumas delas serão destrinchadas para indicação do experimento no capítulo seguinte

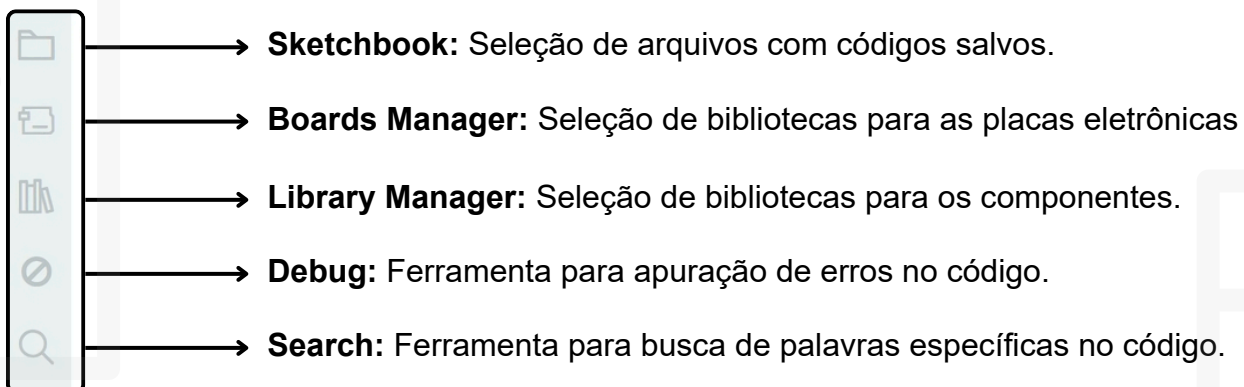


Figura 24: Captura de tela feita no *software* Arduino IDE.

Fonte: Autoria própria

Fonte: ARDUINO. **Software.** Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/software>>.



Software Arduino IDE

A porção superior, possui opções para selecionar, salvar e editar arquivos (*File*, *Edit* e *Sketch*). Além destas opções, temos ferramentas para seleção da placa eletrônica utilizada (*Tools*) e opção de ajuda (*Help*) que direciona para a página de instalação do *software*. A opção ✓ é utilizada para validar o código incorporado e a □ para enviar o código para a placa eletrônica.



Figura 25: Captura de tela feita no *software* Arduino IDE.

Fonte: Autoria própria

Preparativos para o primeiro experimento:

Para a realização do experimento do capítulo seguinte, e de qualquer outro experimento que for realizado utilizando as placas eletrônicas, faz-se necessários alguns passos: I) Instalação de bibliotecas da placa eletrônica e dos componentes que serão utilizados; II) seleção da placa eletrônica e a porta de saída; III) Anexar, verificar e encaminhar, para a placa, o código atribuído.

I) Instalação de bibliotecas

Para permitir que os códigos funcionem adequadamente, o *software* necessita de bibliotecas de códigos para programar as placas eletrônicas e alguns sensores. Estas bibliotecas são fornecidas pelos próprios fabricantes das peças e geralmente podem ser encontradas no aplicativo da seguinte forma:

Fonte: ARDUINO. **Software**. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/software>>.



Software Arduino IDE

- Instalação das bibliotecas referentes às placas eletrônicas:

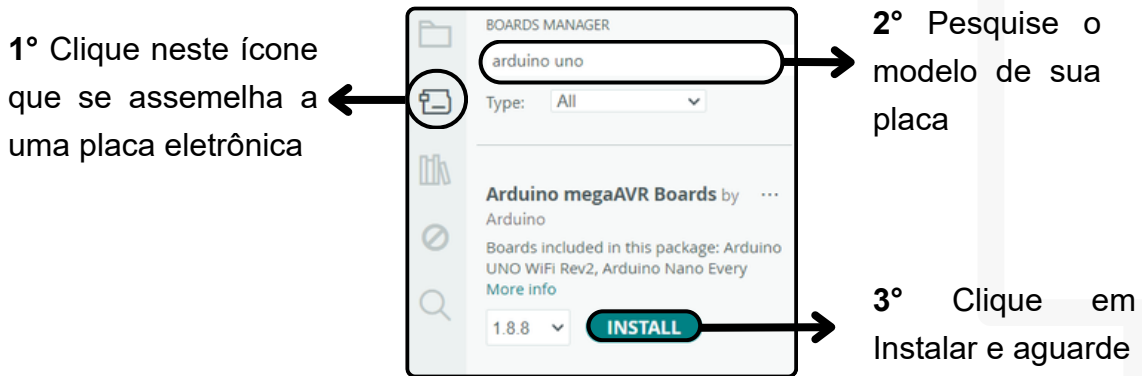


Figura 26: Captura de tela feita no *software* Arduino IDE.

Fonte: Autoria própria

- Instalação das bibliotecas referentes aos demais componentes:

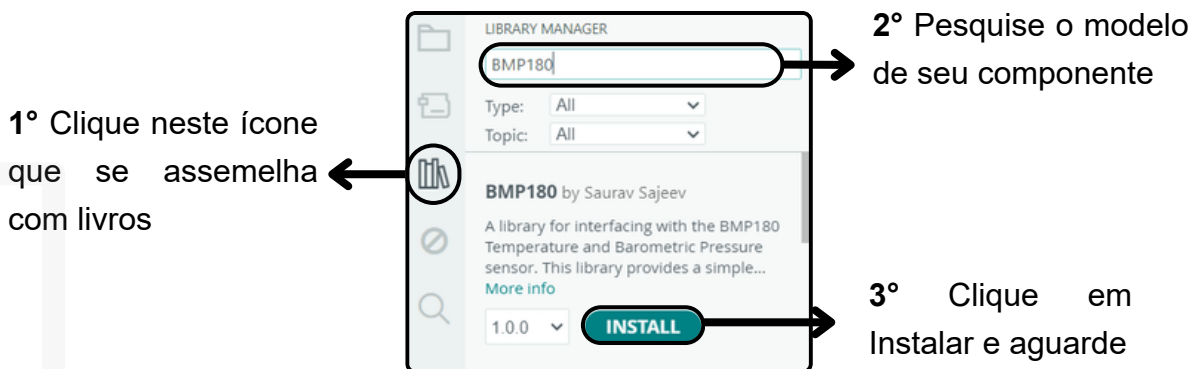


Figura 27: Captura de tela feita no *software* Arduino IDE.

Fonte: Autoria própria

Fonte: ARDUINO. **Software**. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/software>>.



Software Arduino IDE

II) Seleção da placa eletrônica e a porta de saída

Com o Arduino já conectado via USB no seu computador, é necessário indicar ao programa, tanto a placa que está conectada, quanto a saída USB que a mesma se encontra. Para realizar esta etapa, siga os seguintes passos:

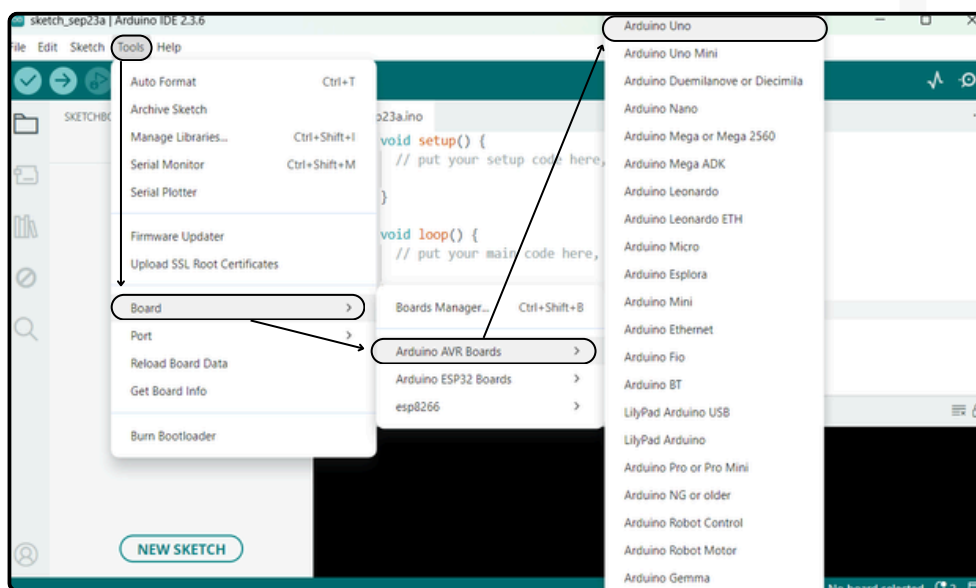


Figura 28: Captura de tela feita no software Arduino IDE.

Fonte: Autoria própria

Realize o caminho indicado, iniciando pela opção “tools“, seguido da opção “board“ e, em sequência, escolha a placa que está utilizando. No caso da figura 24, selecionamos a placa Arduino Uno.



IMPORTANTE

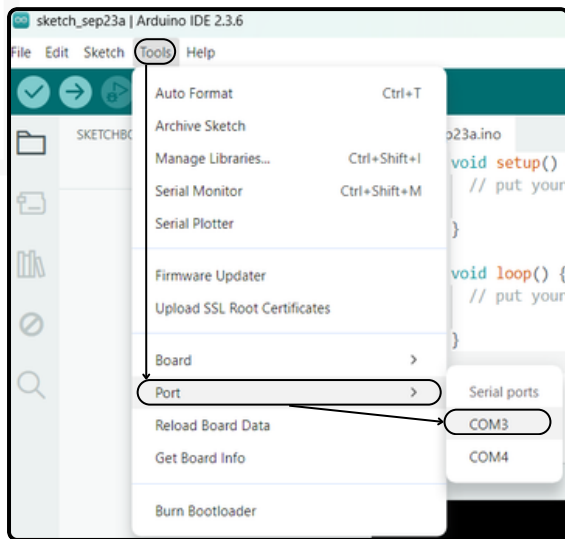
A escolha da placa somente poderá ser feita **após** a etapa anterior de **instalação** das bibliotecas.

Fonte: ARDUINO. **Software.** Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/software>>.



Software Arduino IDE

Para além da escolha da placa, é necessário escolher também a porta de saída na qual a placa eletrônica será conectada. Estes portões são chamados de Portas COM (em Windows) ou tty (em macOS e Linux).



Realize o caminho indicado, iniciando pela opção “tools”, seguido da opção “port” e, em sequência, escolha a saída USB. Neste caso, como utilizamos o sistema operacional Windows e temos duas saídas disponíveis, as possíveis seleções são “COM3” e “COM4”.

Figura 29: Captura de tela feita no software Arduino IDE.

Fonte: Autoria própria

III) Anexar, verificar e encaminhar para a placa, o código atribuído.

Após a instalação de todas as bibliotecas necessárias, bem como a seleção da placa e porta a serem utilizadas, trataremos da incorporação, verificação e execução do código.

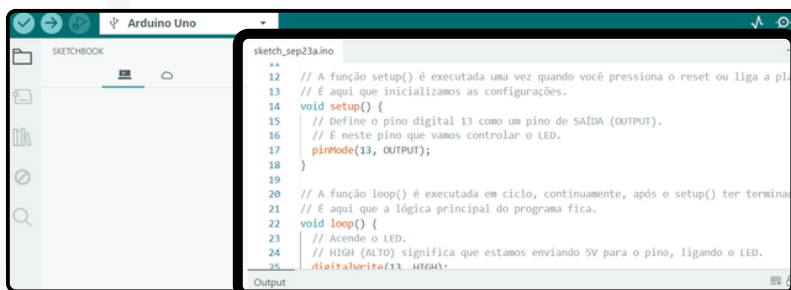


Figura 30: Captura de tela feita no software Arduino IDE.

Fonte: Autoria própria

Apague os caracteres iniciais, utilize a função “copiar” no código que será utilizado e, em sequência realize a função “colar” no espaço indicado

Fonte: ARDUINO. Software. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/software>>.

Software Arduino IDE

Após a adição do código, clique no ícone com o símbolo ✓ para realizar a verificação. Caso não exista nenhum problema no código fornecido, utilize o ícone com o símbolo para executá-lo na placa eletrônica

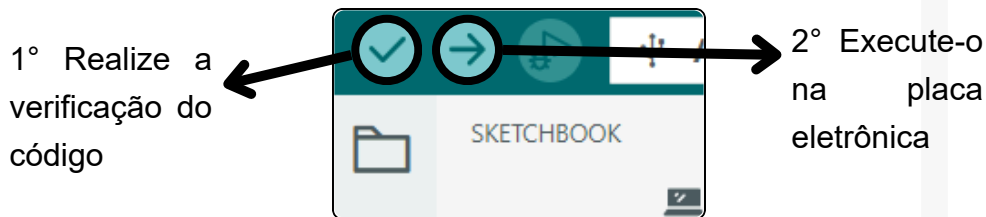


Figura 31: Captura de tela feita no *software* Arduino IDE.
Fonte: Autoria própria

Após seguir todos os passos descritos, você poderá criar e executar qualquer código de seu projeto. Além disso, dependendo da forma que seu código for escrito, ele poderá oferecer retornos e/ou solicitar algum comando. Nesse sentido, ambas opções podem ser feitas através do “*Serial Monitor*”, como mostra o exemplo a seguir:

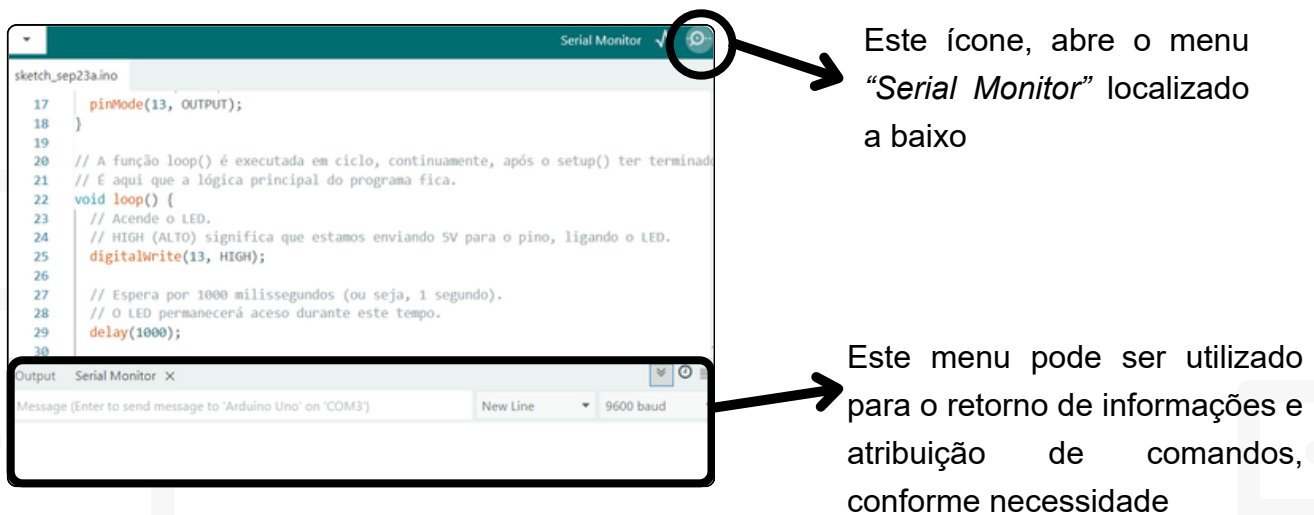
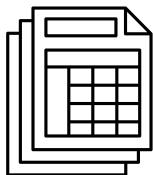


Figura 32: Captura de tela feita no *software* Arduino IDE.
Fonte: Autoria própria

Fonte: ARDUINO. **Software.** Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/software>>.



Conexões Externas

Apesar de ser disponibilizado, através do *software* Arduino IDE, as informações obtidas de diversos componentes podem ser direcionadas para plataformas de planilhas, com o objetivo de expandir a capacidade de análise de informações pelo uso de diversas ferramentas, como a elaboração de gráficos, por exemplo. Nesse sentido, este capítulo explorará a conexão das placas eletrônicas com o *software* de planilhas **Microsoft Excel**.

Para iniciar, abra uma nova planilha no Excel. No canto superior esquerdo clique em “Arquivo” e, logo após, clique em “opções” no canto inferior esquerdo. Essa sequência de cliques abrirá uma nova janela. Aqui, selecione a opção “Suplementos”. Na aba gerenciar, selecione “Suplementos COM” e clique na opção “Ir”.

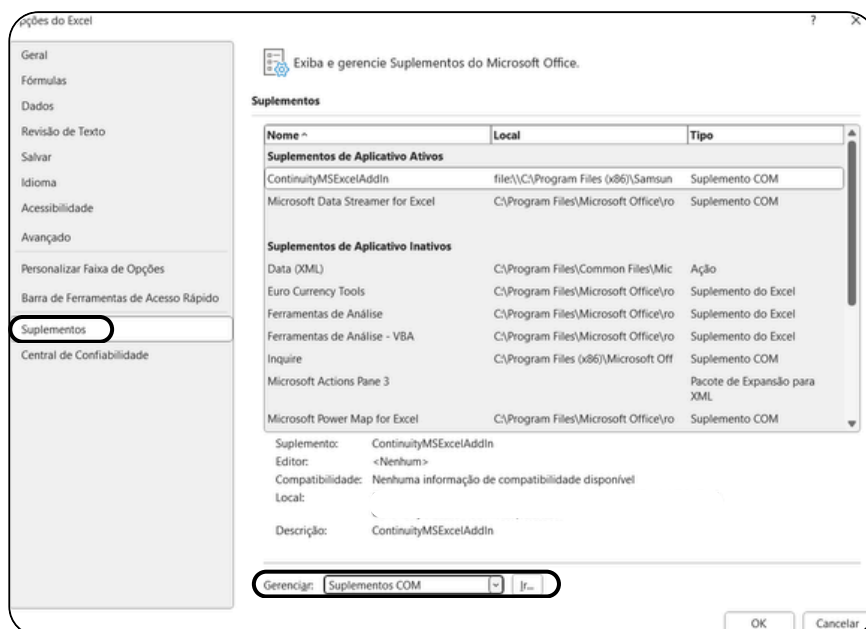
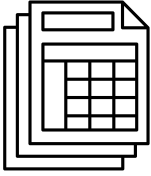


Figura 33: Captura de tela feita no *software* Microsoft Excel.

Fonte: Autoria própria



Conexões Externas

Após os passos anteriores, uma nova janela denominada “Suplementos COM” será aberta. Aqui, assinale a opção “Microsoft Data Streamer for Excel” e, logo após, clique na opção “Ok”

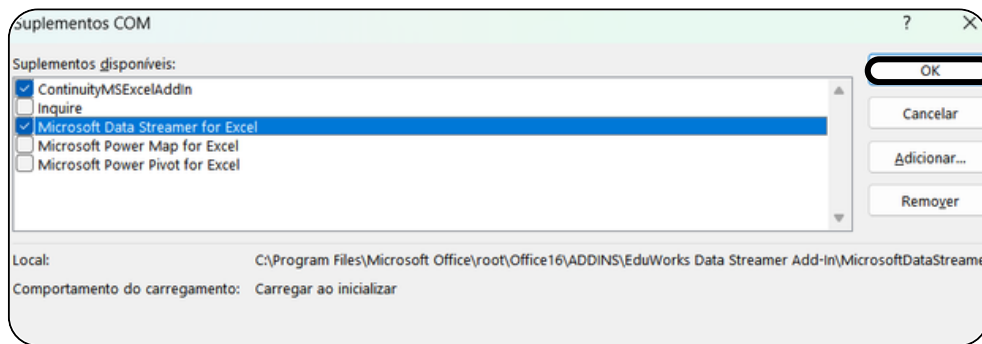


Figura 34: Captura de tela feita no *software* Microsoft Excel.

Fonte: Autoria própria

Voltando a planilha em branco, você deverá notar o surgimento de um novo menu, denominado “Streamer de dados”, clique neste novo menu e, em sequência, na opção “Conectar a um dispositivo”. Logo após, selecione a mesma porta de saída da qual se encontra a sua placa eletrônica. Lembre-se que a porta de saída só pode se conectar a um *software* por vez, então caso o seu *serial monitor* no Arduino IDE esteja aberto, feche-o para conectar a placa eletrônica no excel.

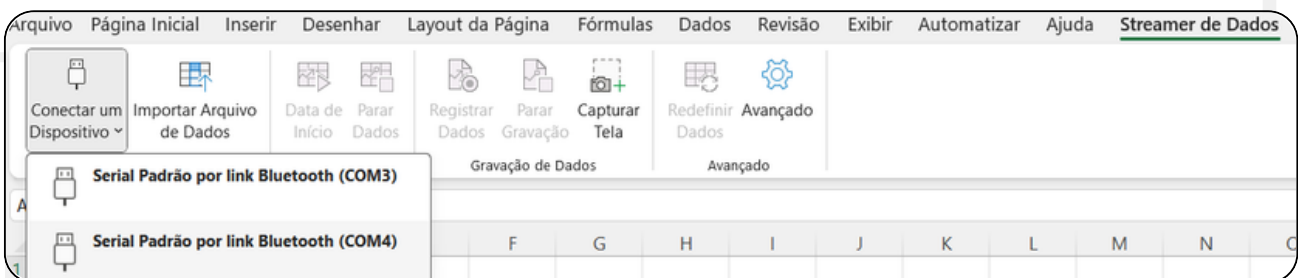
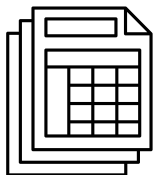


Figura 35: Captura de tela feita no *software* Microsoft Excel.

Fonte: Autoria própria



Conexões Externas

Selecionado a porta de saída correspondente, a planilha será alterada e você poderá iniciar as medições clicando em “Data de início” e parar as mesmas clicando em “Parar Dados”. Além disso, serão criadas quatro novas abas: I) Dados em; II) Saída de dados; III) Configurações e IV) Canais. A seguir, explicaremos cada um deles:

I) Dados em:

Nesta aba, serão mostrados todos os dados que forem transmitidos pela placa eletrônica, cada dado será encontrado em um canal (CH) diferente e, além disso, também será evidenciado o horário que cada registro foi realizado.

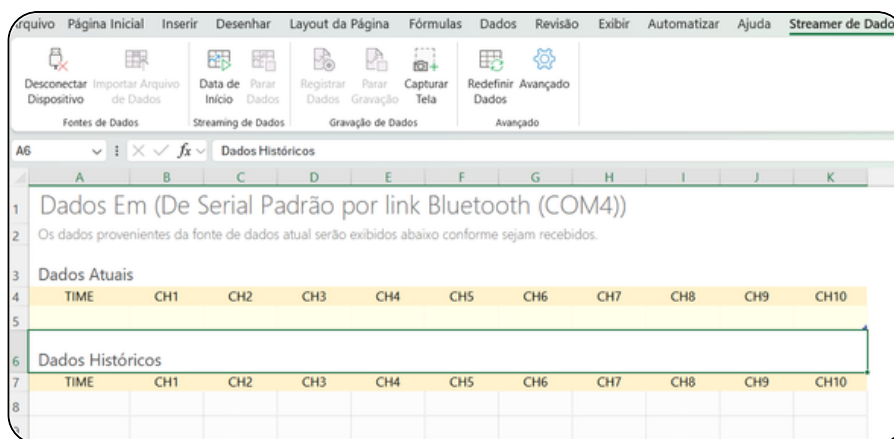


Figura 36: Captura de tela feita no *software* Microsoft Excel.
Fonte: Autoria própria

II) Saída de dados:

Nesta aba, encontra-se o caminho contrário da aba anterior, dados fornecidos aqui serão enviados para a placa eletrônica.

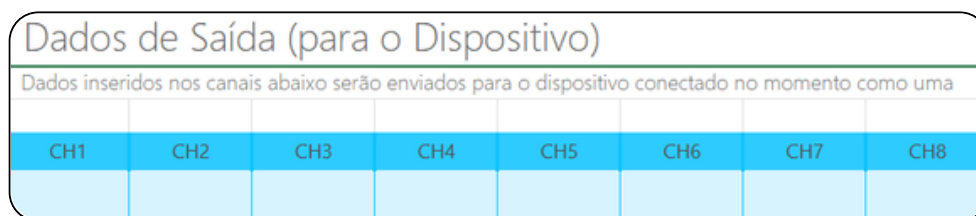
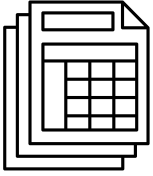


Figura 37: Captura de tela feita no *software* Microsoft Excel.
Fonte: Autoria própria



Conexões Externas

III) Configurações:

Aqui, o usuário pode configurar alguns parâmetros da recepção dos dados por parte do *software* Microsoft Excel, alterando o intervalo de medições, a quantidade de canais e a organização dos dados armazenados.

Configurações de Pasta de Trabalho

As configurações abaixo afetarão o modo como os dados são lidos na pasta de trabalho atual da fontes de dados. Limpe o conteúdo de um campo para reverter para a configuração padrão.

Intervalo de dados (ms)	150
Linhas de dados	15
Canais de dados	10
Orientação de dados	Newest last

Aviso: a alteração das configurações pode resultar na perda de conteúdo e/ou formatação personalizada nas planilhas de Dados de Entrada e Dados de Saída. Sempre salve antes de alterar os valores.

Figura 38: Captura de tela feita no *software* Microsoft Excel.

Fonte: Autoria própria

IV) Manifesto:

Na última aba criada, o usuário consegue editar o nome dos canais, bem como o nome do dispositivo conectado.

Serial Padrão por link Bluetooth

Este manifesto foi gerado para o dispositivo conectado. Você pode editar o nome do dispositivo e os dados do canal aqui, e os Dados na planilha serão atualizados.

Canais					
ID	Nome	Descrição	Unidade de Medic	Ativo	
CH1	CH1			✓	
CH2	CH2			✓	
CH3	CH3			✓	
CH4	CH4			✓	
CH5	CH5			✓	
CH6	CH6			✓	
CH7	CH7			✓	
CH8	CH8			✓	

ID da Fonte de Dados
AC8E6537-85DF-4A8B-859B-77F2A49C3638

Intervalo de Dados (ms)
150

Taxa de Transmissão
9600

Figura 39: Captura de tela feita no *software* Microsoft Excel.

Fonte: Autoria própria



Colocando em Prática

O uso, tanto das placas eletrônicas, quanto do software Arduino requerem prática para auxiliar na compreensão das conexões e possibilidades da ferramenta. Portanto, aqui encontra-se um passo a passo de um experimento para acender um LED.

Materiais:

- (1) Placa eletrônica Arduino ou ESP;
- (1) LED;
- (2) Fios conectores do tipo Macho-Macho (*Jumpers*);
- (1) Resistor de 220 Ω ;
- (1) Placa de ensaio;
- (1) Computador com o *software* Arduino IDE;
- (1) Cabo USB para conectar a placa ao computador.

Instruções para montagem:

Etapa 1: Reúna os materiais necessários;

Etapa 2: Conecte o resistor de 220 Ω na placa de Ensaio;

Etapa 3: Na conexão à direita do resistor, conecte um *Jumper* no final da mesma linha ao GND da placa eletrônica;

Etapa 4: Na conexão à esquerda do resistor, faça a conexão do LED com a porção negativa (Perna curta) na mesma linha do resistor e a porção positiva (Perna longa) em outra linha;

Etapa 5: Na mesma linha porção positiva do LED (Perna longa), conecte outro *jumper* ligando o LED ao pino ~11 do Arduino

Etapa 6: Conecte a placa eletrônica ao computador e inicie o *software* Arduino IDE;

Etapa 7: Faça a seleção da placa utilizada e da porta de saída. Em seguida, copie e cole o código disponibilizado aqui: ([Código](#)).

Etapa 8: Conecte a placa no computador. Valide e inicie o código.

Colocando em Prática

Para facilitar: Um resumo gráfico da montagem do sistema

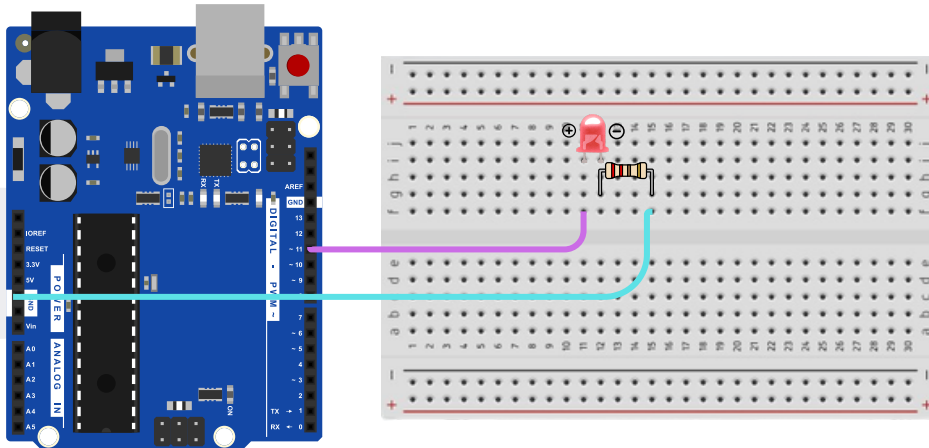
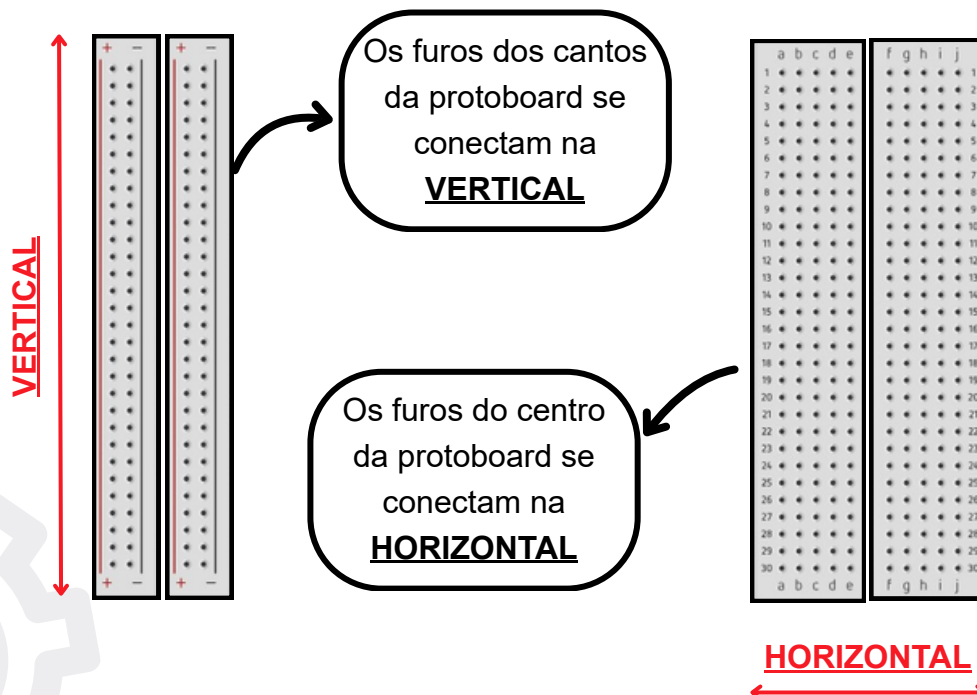


Figura 40: Representação gráfica do circuito nos passos 1 a 5.

Fonte: Autoria própria

Seguindo os passos até aqui, você deverá conseguir montar o sistema e o LED estará piscando a cada 10 segundos. No código fornecido, você pode alterar a frequência da piscada digitando o comando “pisca+algum número”. O número escrito definirá em segundos a alternância das piscadas do LED.

Para facilitar: Funcionamento de protoboard.

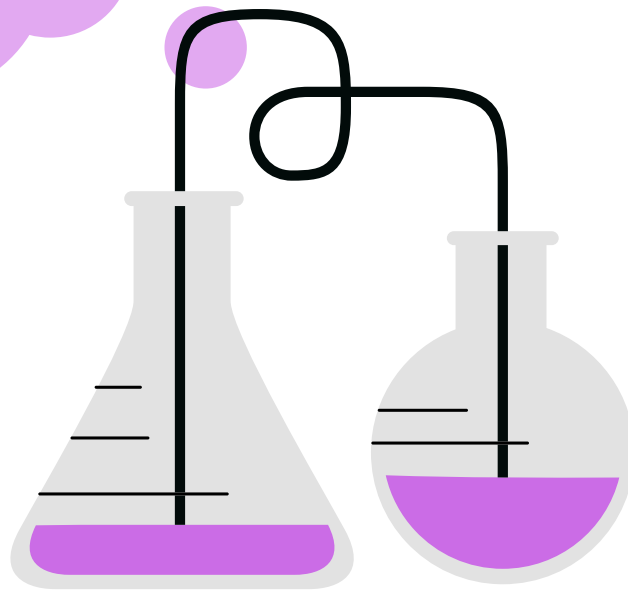
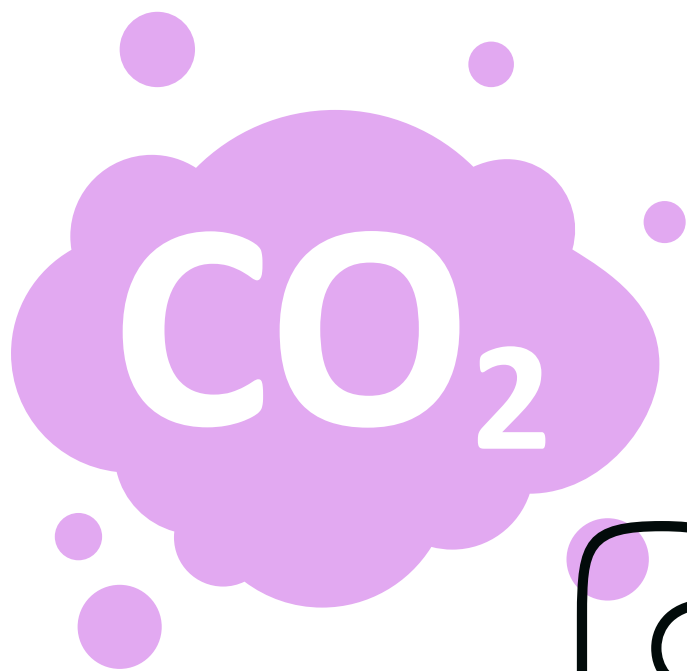




Colocando em **Prática**

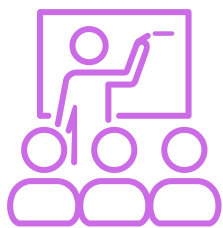
Um é bom, mas e dois LEDs?

Seguindo os passos até então descritos, você deverá ser capaz de colocar em prática a ligação de um LED, mas agora a proposta é a ligação de dois LEDs separadamente. Pense nas conexões e nos códigos a serem gerados, bem como os materiais utilizados.



Capítulo 3:

Experimento de acidificação



Motivações para o Experimento

Seguindo a lógica das sequências didáticas propostas, o seguinte material trabalhará o estudo da variação de pH a partir da formação do ácido carbônico decorrente da dissolução de CO_2 no ar através do uso de uma placa eletrônica e seus sensores. Por isso, trabalhar os conceitos de Química Verde neste experimento é indispensável.

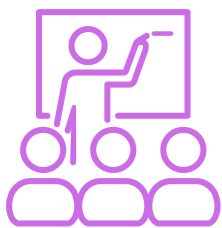
Neste conceito, voltaremos aos 12 princípios da Química Verde, trabalhados no capítulo 1, nas páginas 19 a 22:

Estes 12 princípios são:

- 1) Prevenção;**
- 2) Eficiência atômica;
- 3) Síntese menos perigosa;
- 4) Desenvolvimento de produtos seguros;
- 5) Uso de solventes e auxiliares seguros;**
- 6) Busca pela eficiência de energia;**
- 7) Uso de fontes de matéria-prima renováveis;
- 8) Evitar a formação de derivados;
- 9) Catálise;
- 10) Produtos degradáveis;
- 11) Análise em tempo real para a prevenção da poluição;**
- 12) Química intrinsecamente segura para a prevenção de acidentes;**

Pensando no projeto de estudo da acidificação dos oceanos, podemos trabalhar diretamente com os princípios **1, 5, 6, 11 e 12 (marcados em negrito na lista)**. Entretanto, a Química Verde pode ser explorados de diferentes formas. Você é livre para pensar de que outras formas pode incorporar e/ou aprimorar os princípios abordados neste experimento.

Fonte: Ivanković, A. Review of 12 Principles of Green Chemistry in Practice. **International Journal of Sustainable and Green Energy**, v. 14, n. 3, p. 39–48, 2017.



Motivações para o Experimento

Uma forma de aprofundar os seus estudos relacionados à Química Verde é acessando a Tabela Periódica dos Elementos Figurativos da Química Verde e Sustentável ou TPQVS. Esta tabela, trabalha com elementos figurativos que exploram aspectos humanitários, elementos de Química Verde e Engenharia Verde, elementos de condições sistêmicas/políticas e objetivos nobres (Júnior; Jesus; Giroto Júnior, 2022).

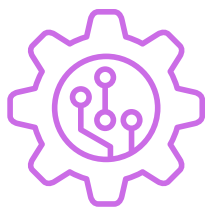
Uma ferramenta interessante é a TPQVS interativa, projetada pelo “O Green Maker Lab - Grupo de Pesquisa e Inovação em Química Verde” sediado no **Instituto Federal da Paraíba**. Neste site, encontram-se os diversos elementos representativos da TPQVS e, ao clicar neles, você será redirecionado para um vídeo que explica, de forma sucinta, o que ele representa. Para exemplificar, o **elemento 45: Dióxido de carbono e outras matérias-primas C1** adequa-se com o tema aqui trabalhado.

Figura 1: Captura de tela retirada do site do Grupo de Pesquisa e Inovação em Química Verde.

Fonte: Autoria própria

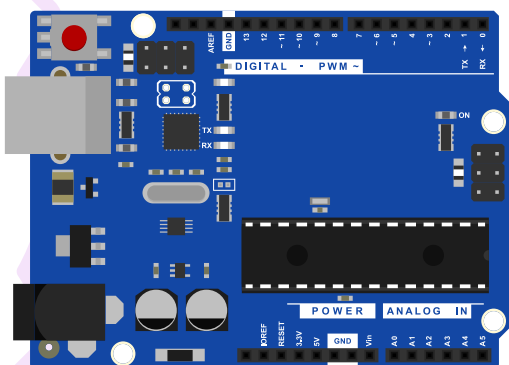
Fonte: Da Silva Júnior, C. A., De Jesus, D. & Giroto Júnior, G. (2022). Química Verde e a Tabela Periódica de Anastas e Zimmerman: Tradução e Alinhamentos com o Desenvolvimento Sustentável. *Química Nova*, 45(8), 1010-1019.

GreenMakerLab. Disponível em: <<https://greenmakerlab.com/TPQVS>>. .



Arduino, por quê?

No ensino de Ciências, o uso de tecnologias tem um crescimento expressivo na busca para auxiliar o processo de aprendizagem (Da Silva Reis; Silva Leita; Carneiro Leão, 2018). Nesse sentido, a ferramenta das placas eletrônicas pode auxiliar em muitos projetos com essa perspectiva, como o estudo sobre a acidificação dos oceanos, apresentada neste projeto.

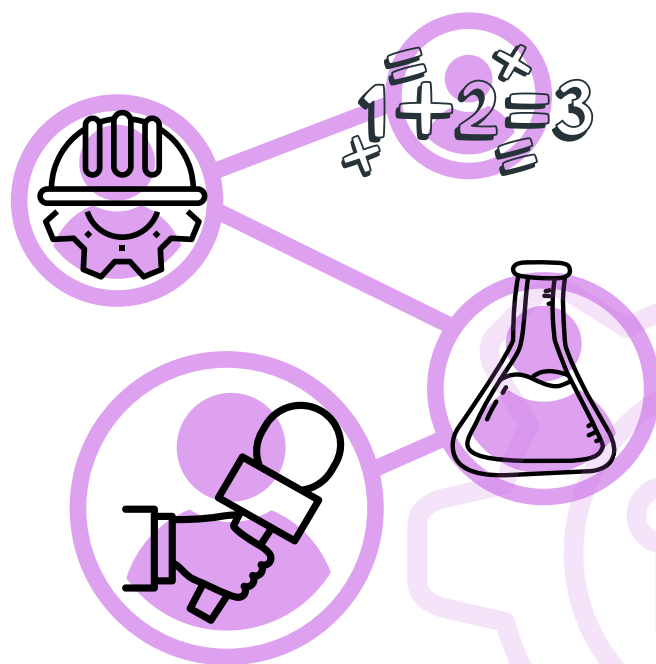


O primeiro argumento encontra-se no preço destas placas e seus componentes. Para a elaboração deste projeto, estima-se um custo de R\$220,00 para o kit de eletrônicos. Além disso, essa mesma tecnologia pode ser reaproveitada com diferentes projetos.

Ao utilizar as placas eletrônicas, você estará aprendendo não somente como usar uma nova tecnologia, mas também como relacionar os conteúdos de diversas disciplinas em um experimento prático.

Lembre-se, nenhum problema da magnitude da acidificação dos oceanos envolve uma única solução ou disciplina, é um trabalho de diversos cientistas das mais variadas áreas ao longo de vários anos.

Por isso, este projeto é uma forma de estudar um problema complexo e, além disso, relacioná-lo com o mundo em que vivemos.

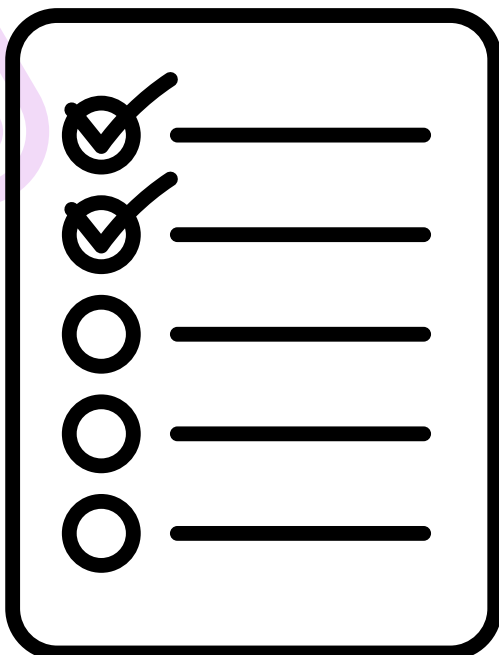




O experimento

Como estabelecido nos últimos capítulos, lidaremos com diversas áreas para além das ciências. Dessa forma, exploraremos o experimento, indicando uma forma de montagem do sistema, bem como um código que funcionou adequadamente em nossos testes.

Nesta perspectiva, devido ao presente material ser direcionado aos estudantes, alguns detalhamentos do experimento e de conteúdos a serem abordados estão omitidos e, por isso, estão disponíveis somente na versão do professor. Mas não se preocupe, isto não afetará em nada a realização do experimento, só deixaremos para você resolver algumas questões que surgirão durante o experimento!



Para facilitar o processo de reunião de materiais, bem como a montagem do sistema, vamos dividir o procedimento experimental em quatro etapas, sendo elas:

- I) Montagem do sistema de produção e quantificação de CO_2 ;
- II) Montagem do sistema da placa eletrônica e seus sensores;
- III) Realização das medições;
- IV) Interpretação de dados e elaboração de gráficos.



O experimento

I) Montagem do sistema de produção e quantificação de CO₂

Para estudar a acidificação dos oceanos neste experimento, faz-se necessário uma fonte de CO₂. Essa fonte deve ser passível de quantificação, bem como deve ser controlada para que não haja acidentes em relação a pressão exercida pelo gás. A seguir, demonstraremos algumas formas de obter esse gás e o valor necessário.

1º opção: Comprimido efervescente

Uma das formas de se gerar CO₂ é através do uso de um comprimido efervescente. Inclusive, você pode fazer o teste da velocidade da reação deste comprimido comparando a dissolução dele em água quente e água fria. A equação em destaque demonstra a reação entre um ácido (ácido cítrico) e uma base (bicarbonato, formando o sal, água e gás carbônico.



2º opção: Bicarbonato de sódio e vinagre

De forma semelhante ao item anterior, mas de forma simplificada, outra forma de se gerar CO₂ é a mistura entre bicarbonato de sódio e vinagre. A equação demonstra que o processo das duas equações é semelhante, um ácido (ácido acético) que reage com uma base (bicarbonato), formando sal, água e gás carbônico.



3º opção: Tanque de CO₂

A terceira opção, e a mais cara de todas elas, é a compra e uso de um tanque de gás carbônico que permita a medição do gás que for injetado. Apesar de uma maior precisão, o experimento projetado não necessita do uso deste tipo de equipamento, tornando-se uma opção distante, mas que é funcional.



O experimento

I) Montagem do sistema de produção e quantificação de CO₂

No caso da escolha das primeiras duas opções:

Para ambas as opções, o sistema indicado é o mesmo. Os materiais necessários são:

- (1) Kitassato de 250ml;
- (1) Rolha para o Kitassato;
- (1) comprimido efervescente (**Na escolha da primeira opção**);
- (5g ou 1 colher de chá) de bicarbonato (**Na escolha da segunda opção**);
- (50ml) de vinagre (**Na escolha da segunda opção**);
- (1) Seringa de 50ml ou bexiga de plástico;
- (1) Peça de mangueira de plástico.

Montagem:

- 1) Conecte uma das extremidades da mangueira no kitassato;
- 2) **No caso da seringa**, conecte-a na outra extremidade da mangueira.
No caso da bexiga, conecte-a diretamente no kitassato;
- 3) Teste a rolha e veja se o sistema está bem vedado;

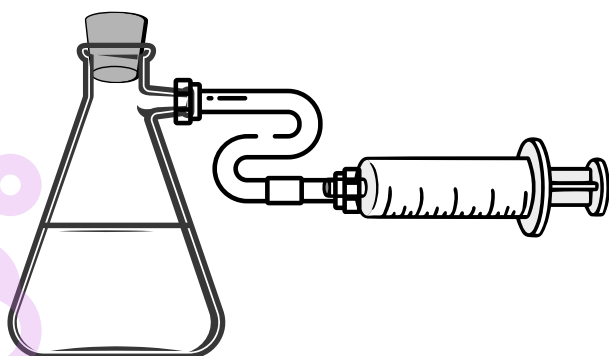


Figura 41: Representação do sistema montado com a seringa.

Fonte: Autoria própria.

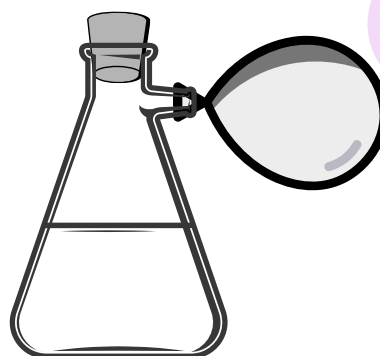


Figura 42: Representação do sistema montado com a bexiga.

Fonte: Autoria própria.



O experimento

I) Montagem do sistema de produção e quantificação de CO₂

Modo de uso:

- 1) Com o sistema montado, retire a rolha e adicione o comprimido efervescente com água (caso tenha optado pela primeira opção), ou o bicarbonato de sódio e o vinagre (caso tenha optado pela segunda opção);
- 2) Ao início da reação (**percebida pela presença de bolhas**) deixe o sistema aberto por alguns segundos e, caso esteja utilizando a **seringa**, pressione o seu êmbolo. Isto é necessário para que todo o gás ocupado previamente no kitassato saia, garantindo uma melhor precisão na quantidade de CO₂;
- 3) Tampe o kitassato com a rolha e solte o êmbolo, você perceberá que a **seringa** está sendo preenchida quando perceber que o êmbolo recua. Caso opte pela opção da **bexiga**, esta começará a encher (**atente-se para possíveis vazamentos de gás**);
- 4) Após o preenchimento da seringa/bexiga, desconecte-a da mangueira/kitassato e tampe a ponta, a fim de evitar o vazamento de gás;
- 5) Quando quiser liberar o CO₂ armazenado, para a **seringa**, conecte a seringa pressione o êmbolo. No caso da **bexiga**, prenda-a na extremidade do kitassato.



IMPORTANTE

Mesmo com a seringa preenchida, o sistema **continuará** a produzir CO₂. Portanto, ao término do preenchimento, **não deixe o sistema fechado**, pois o grande aumento de pressão fará com que a rolha seja expulsada com grande intensidade.



O experimento

II) Montagem do sistema da placa eletrônica e seus sensores

Após a montagem do sistema de produção de CO_2 , passaremos para a placa eletrônica e seus sensores. Esta etapa é uma indicação mediante aos testes realizados pelos autores, ou seja, não é a única forma de realizar a montagem deste sistema.

Dessa forma, os materiais necessários serão:

- (1) Placa eletrônica (Utilizamos o **Arduino UNO R3**);
- (1) Cabo conector da placa eletrônica ao computador;
- (1) Computador;
- (1) Sensor de pH (Utilizamos o sensor **PH-4502C**);
- (1) Sensor de pressão e temperatura (Utilizamos o **BMP180**);
- Cabos conectores (*Jumpers*) do tipo macho-macho e macho-fêmea;
- (1) Kitassado de 1000ml;
- (1) Rolha para o kitassado com uma abertura para a passagem dos cabos;
- (1) Adesivo instantâneo de secagem rápida para vedar a abertura da rolha;
- (1) Peça de mangueira de plástico;
- (1) Solução de pH 4,0 para calibração do sensor;
- (1) Solução de pH 7,0 para calibração do sensor.

O sistema em questão é complexo e deve ser montado com cautela, uma vez que conexões soltas ou mal encaixadas vão afetar o funcionamento correto do experimento. Além disso, os cabos conectores (*jumpers*) podem ser encontrados de diferentes tamanhos e podem conectar-se entre si, portanto não há uma quantidade específica destes a serem utilizados.

A seguir, será descrito passo a passo quais conexões realizar e, em sequência, uma representação gráfica do sistema montado. As indicações de cores dos cabos conectores são apenas uma forma de organização, não afetando o funcionamento do sistema.



O experimento

II) Montagem do sistema da placa eletrônica e seus sensores

Montagem:

- 1) Conecte uma das extremidades da mangueira no kitassato;
- 2) Reúna a placa eletrônica e a protoboard;
- 3) Usando *Jumpers*, conectem o pino 5V da placa eletrônica em qualquer ponto da linha vermelha da protoboard (esta etapa tem o objetivo de energizar a placa eletrônica);
- 4) Utilizando *Jumpers*, conecte um dos pinos GND da placa eletrônica em qualquer ponto da linha azul da protoboard (esta etapa tem o objetivo de fechar o circuito elétrico);
- 5) Reúna o **sensor de pressão e temperatura** (BMP180);
 - Conecte o pino **VIN** do sensor à abertura **3a** da protoboard;
 - Conecte o pino **GND** do sensor à abertura **4a** da protoboard;
 - Conecte o pino **SCL** do sensor à abertura **5a** da protoboard;
 - Conecte o pino **SDA** do sensor à abertura **6a** da protoboard;
 - Conecte o pino **3e** em qualquer abertura da linha **+**;
 - Conecte o pino **4e** em qualquer abertura da linha **-**;
 - Conecte o pino **5e** no pino **A5** da placa eletrônica;
 - Conecte o pino **6e** no pino **A4** da placa eletrônica;
- 6) Reúna o **sensor de pH** (PH-4502C)
 - Conecte o pino **V+** do sensor à abertura **15a** da protoboard
 - Conecte o pino **G** do sensor à abertura **16a** da protoboard
 - Conecte o pino **Po** do sensor à abertura **17a** da protoboard
 - Conecte o pino **15e** em qualquer abertura da linha **+**;
 - Conecte o pino **16e** em qualquer abertura da linha **-**;
 - Conecte o pino **17e** no pino **A0** da placa eletrônica;
- 7) Conecte o cabo a placa eletrônica ao computador



O experimento

II) Montagem do sistema da placa eletrônica e seus sensores

Resumo

Após a montagem realizada pelo passo a passo anterior, verifique as conexões utilizando o resumo escrito e a imagem.

Da placa eletrônica:

- Pino **5V** na linha de alimentação + (vermelha);
- Pino **GND** na linha de alimentação - (azul);

Do sensor de pressão e temperatura:

- Pino **VIN** na linha de alimentação + (vermelha);
- Pino **GND** na linha de alimentação - (azul);
- Pino **SCL** no pino **A5** da placa eletrônica (verde);
- Pino **SDA** no pino **A4** da placa eletrônica (roxo);

Do sensor de pH:

- Pino **V+** na linha de alimentação + (vermelha)
- Pino **G** na linha de alimentação - (azul)
- Pino **Po** no pino **A0** da placa eletrônica (laranja)

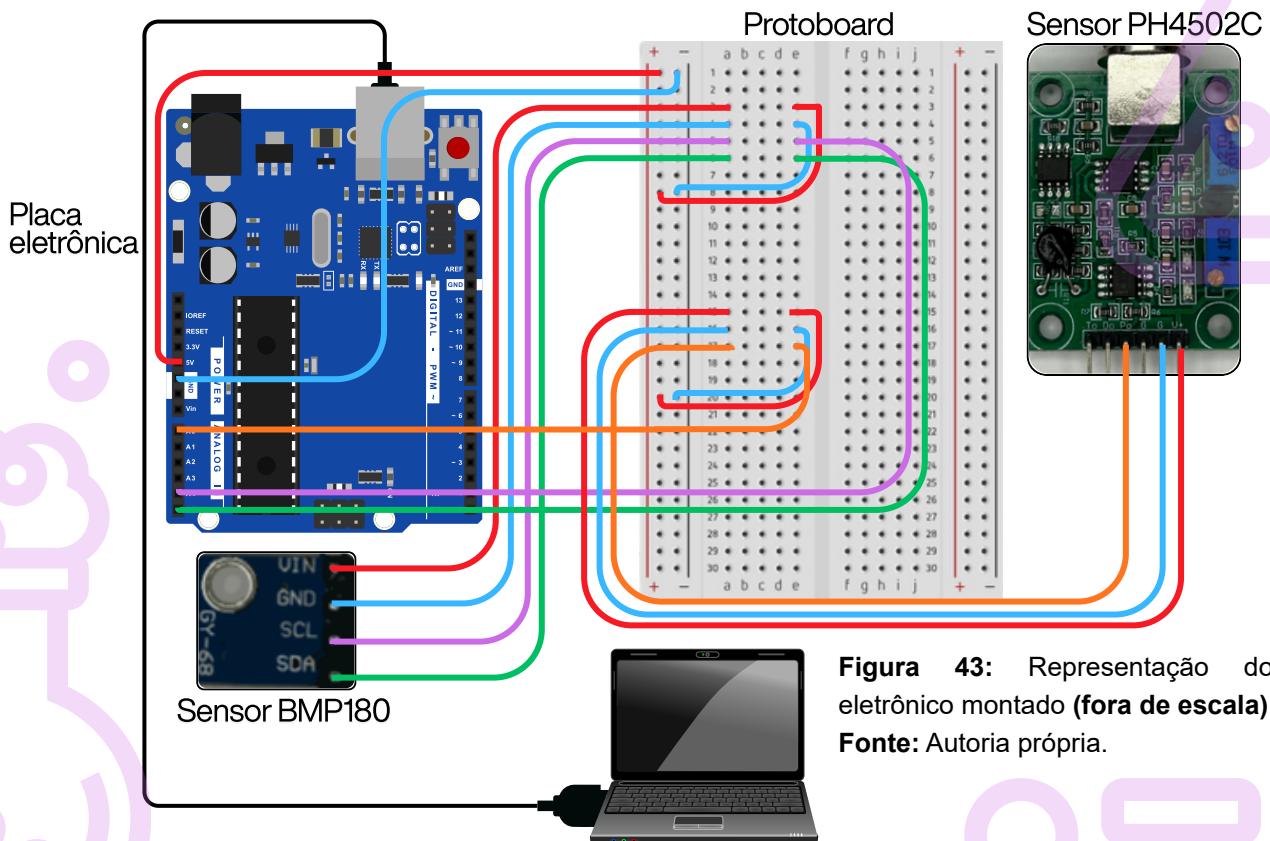


Figura 43: Representação do sistema eletrônico montado (fora de escala).

Fonte: Autoria própria.



O experimento

II) Montagem do sistema da placa eletrônica e seus sensores

Representação (fora de escala)

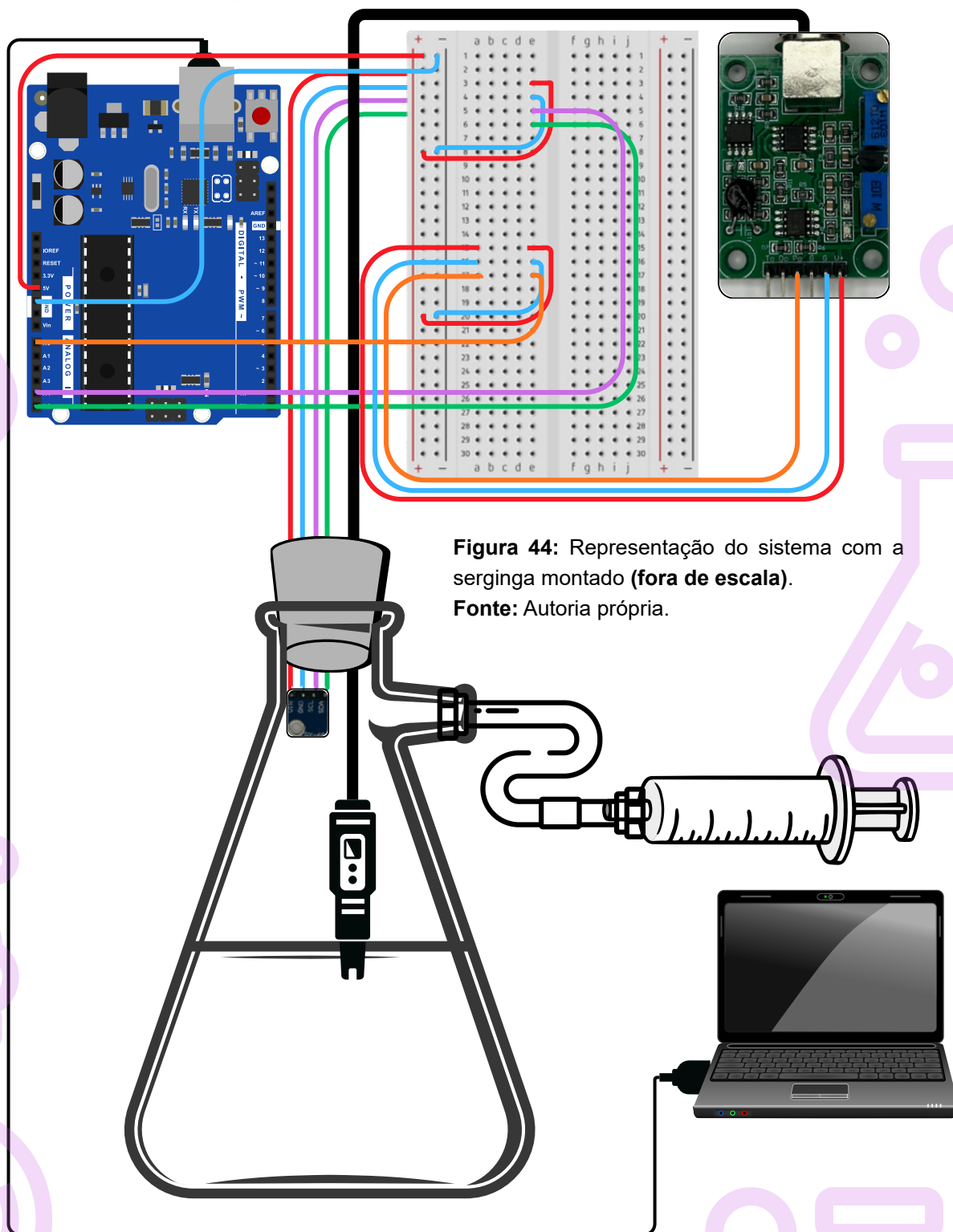


Figura 44: Representação do sistema com a serginga montado (fora de escala).

Fonte: Autoria própria.



O experimento

II) Montagem do sistema da placa eletrônica e seus sensores

Representação (fora de escala)

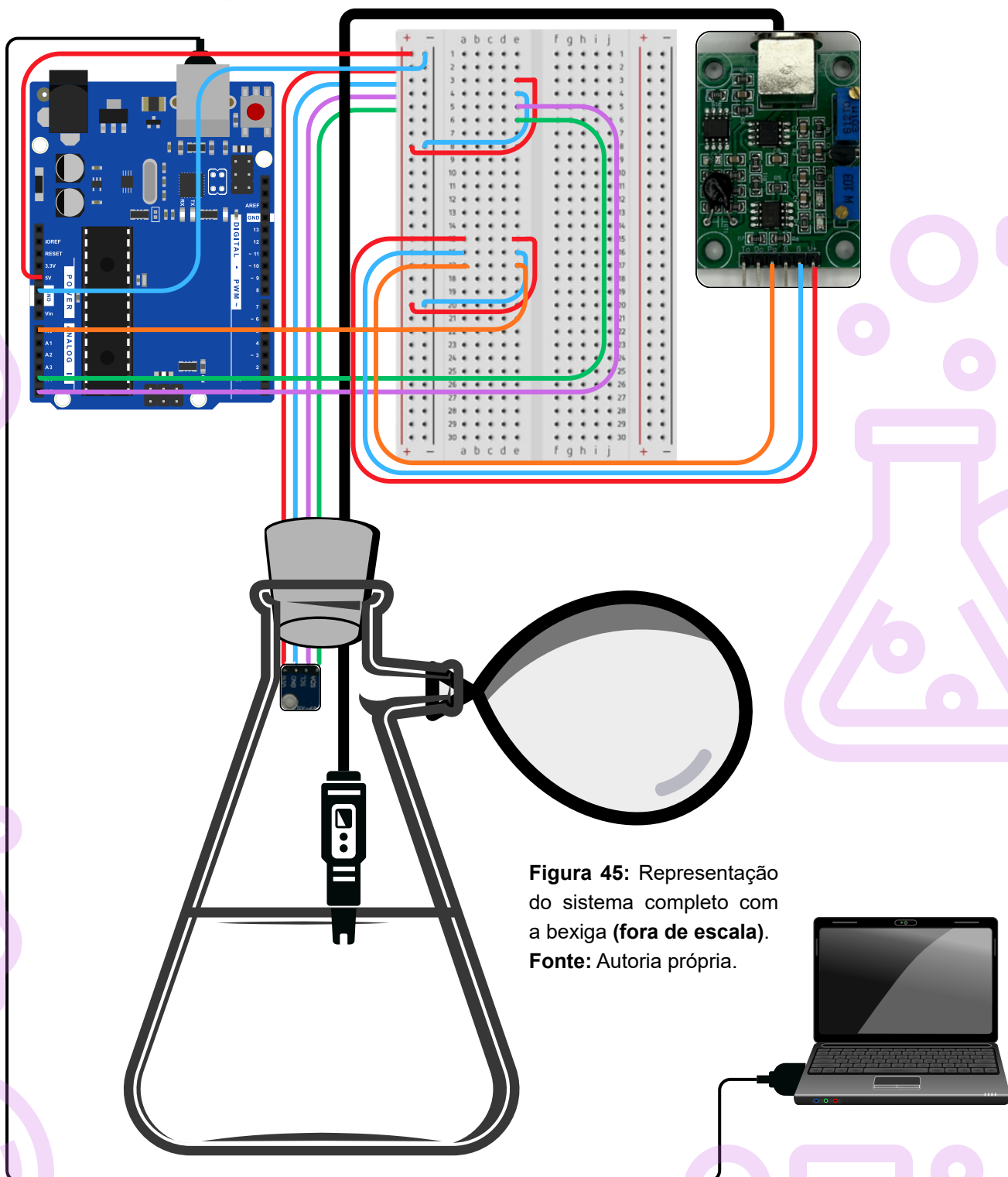


Figura 45: Representação do sistema completo com a bexiga (fora de escala).
Fonte: Autoria própria.



O experimento

II) Montagem do sistema da placa eletrônica e seus sensores

Agitação

Devido às características específicas da molécula de CO_2 , faz-se necessário realizar a agitação da água presente no kitassato. Para fazer isso, pode-se tanto agitar com as mãos, tomando cuidado para não molhar o sensor BMP, quanto através de uma chapa de agitação e uma barra magnética.



Figura 46: Representação do sistema sendo agitado com a barra magnética.
Fonte: Autoria própria.



Figura 47: Representação do movimento para agitar o sistema com a mão.
Fonte: Autoria própria.



O experimento

III) Realização das medições

Após a montagem dos dois sistemas anteriores, no *software* Arduino IDE, faça a instalação das bibliotecas dos sensores e da placa eletrônica utilizada. Logo após, forneça o código que pode ser encontrado [aqui](#). O código fornecido utiliza como base o Arduino UNO, ou seja, caso outra placa eletrônica esteja sendo utilizada, talvez o código precise ser alterado. Nesse ponto, pode-se retornar ao capítulo de placas eletrônicas, na página **24** para obter uma instrução de como realizar este processo.

Tenha a disposição as soluções de pH 4,0 e 7,0 de prontidão, uma vez que ao iniciar o código pela primeira vez, será solicitado para a calibração. Siga as instruções do *serial monitor* e, ao final, as medições começarão. Para as próximas medições, o código fornecido utilizará a “memória” para recordar da calibração realizada. Entretanto, caso precise realizar uma nova calibração, ao iniciar o código, digite “recalibrar” no monitor serial e siga as instruções.

Enquanto as medições são realizadas, você notará três valores separados, o primeiro deles é o valor de pH que está sendo medido, o segundo é o valor de pressão (em kPa) e o último será o valor de temperatura. Para agilizar o processo de dissolução do CO₂ na água, agite levemente o frasco, tomando cuidado para não molhar nenhum componente eletrônico.



O experimento

IV) Interpretação de dados e elaboração de gráficos.

A utilização do *software* Arduino IDE permite a transmissão dos dados obtidos para uma planilha do excel. Nesse sentido, para aprender como fazer essa conexão de programas, acesse o material indicado sobre Arduino na página **XX**.

Inicie as medições e deixe pelo tempo que desejar. Após algum tempo, sua interface do excel deverá se encontrar com algo parecido com esta captura de tela:

Dados Atuais										
TIME	CH1	CH2	CH3	CH4	CH5	CH6	CH7	CH8	CH9	CH10
14:04:16.04	6,32	94,45	25,1							
Dados Históricos										
TIME	CH1	CH2	CH3	CH4	CH5	CH6	CH7	CH8	CH9	CH10
14:04:16.04	6,32	94,45	25,1							
14:04:13.73	6,27	94,45	25,1							
14:04:11.43	6,32	94,46	25,1							
14:04:09.12	6,33	94,45	25,1							
14:04:06.82	6,26	94,45	25,1							
14:04:04.52	6,22	94,45	25,1							
14:04:02.22	6,28	94,45	25,1							
14:03:59.92	6,27	94,45	25,1							
14:03:57.61	6,29	94,46	25,1							
14:03:55.30	6,32	94,46	25,1							

Figura 48: Captura de tela feita no *software* Microsoft Excel.

Fonte: Autoria própria

Caso ache necessário, abra a aba “Manifesto” e renomeie os canais “CH” para os nomes que desejar. Posteriormente, para montar gráficos com os valores obtidos, selecione a/s coluna/s de dados que deseja e utilize a ferramenta “gráficos”, encontrada na aba “Inserir”.

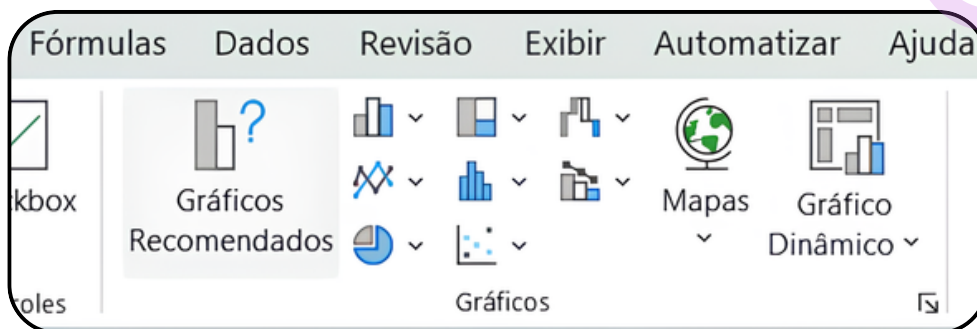


Figura 49: Captura de tela feita no *software* Microsoft Excel.

Fonte: Autoria própria



O experimento

IV) Interpretação de dados e elaboração de gráficos.

Quantidade de CO₂ injetada (Usando a seringa):

Ao ter o controle da quantidade injetada de CO₂ (cerca de 50ml), pode-se inferir a quantidade em mols de CO₂ que entraram no sistema. Para isso, utilize da equação:

$$\text{Densidade} = \frac{\text{Massa}}{\text{Volume}}$$

Valor tabelado: Em CNTP: 1,96g/L

50ml ou 0.05 L

Descobrimo o valor de massa, podemos usar a equação a seguir para descobrir a quantidade em mols de CO₂ adicionado:

$$n^{\circ} \text{ de mols} = \frac{\text{Massa}}{\text{Massa molar}}$$

Calculado anteriormente

Valor tabelado: 44g/mol

Ao término destas equações, você deverá ter o número de mols que foram adicionados ao sistema de medição de pH.

Nos valores indicados:
≈ 0,0223mol

Fonte: CANTO, Eduardo Leite Do; LEITE, Laura Celloto Canto; CANTO, Luiza Celloto. **Química na abordagem do cotidiano**. São Paulo: Moderna, 2026.



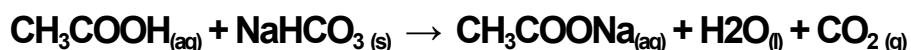
O experimento

IV) Interpretação de dados e elaboração de gráficos.

Quantidade de CO₂ injetada (Usando a bexiga):

Mediante ao aumento repentino da pressão que a seringa proporciona, uma ótima alternativa é o uso da bexiga de plástico. Nesse sentido podemos calcular a quantidade de CO₂ formado através dos valores adicionados de cada reagente.

Tomando como base a equação de formação de CO₂ com bicarbonato de sódio e vinagre:



Anotando os valores de cada elemento adicionado (utilize como exemplo **20g de bicarbonato e 50ml de ácido acético**), podemos, através das equações de densidade e número de mols mencionadas anteriormente, calcular a quantidade de cada reagente. Faça os cálculos e preencha os espaços a seguir:

- **Mols de NaHCO₃:**
- **Mols de CH₃COOH:**

Com esses valores calculados, e com o conhecimento das proporções da equação (**1:1**), podemos inferir que o reagente limitante é o bicarbonato de sódio e que, ao final da reação serão produzidos (**quantidade calculada**) mol de gás carbônico.

O uso da bexiga é o mais recomendado para este experimento. Entretanto, a diminuição dos valores de pH ocorrerá de forma mais lenta, mas facilitará posteriormente para a construção de gráficos. Caso os valores de bicarbonato triplicassem, ele ainda seria o reagente limitante? Por quê?

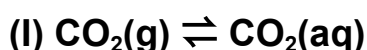


O experimento

IV) Interpretação de dados e elaboração de gráficos.

Dissolução do CO_2 em água:

A inserção do CO_2 na água desencadeia uma série de reações que vão, ao longo do tempo, afetar o pH. A primeira delas, é a dissociação do CO_2 na água:



A dissolução deste gás ocorre, principalmente, devido sua alta reatividade com os componentes presentes na água. Uma vez dissolvido, ocorre a formação do ácido carbônico:



Pela teoria de ácidos e bases de Arrhenius, o ácido carbônico é considerado um ácido fraco e, portanto, não se dissolverá totalmente em água. Entretanto, a porção que dissociará pode ser descrita por esta equação:



Até aqui, pode-se perceber que, simultaneamente, ocorrem diversas reações no meio, afetando o seu Equilíbrio Químico. Supondo que, houvesse um aumento da quantidade de H^+ no sistema, como o equilíbrio seria afetado?

Fonte: CANTO, Eduardo Leite Do; LEITE, Laura Celloto Canto; CANTO, Luiza Celloto. **Química na abordagem do cotidiano.** São Paulo: Moderna, 2026.



O experimento

IV) Interpretação de dados e elaboração de gráficos.

Interpretação de gráficos

Com os dados obtidos ao longo do tempo, podemos utilizar a ferramenta *Excel* para construir formas visuais de observar a mudança do pH. A seguir, demonstraremos um gráfico montado a partir de nossos testes:

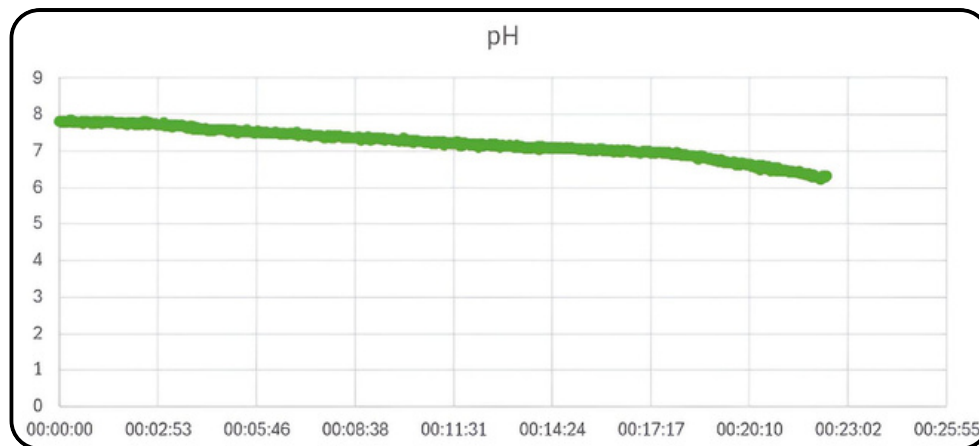


Figura 50: Gráfico pHxTempo feito no *software* Microsoft Excel.

Fonte: Autoria própria.

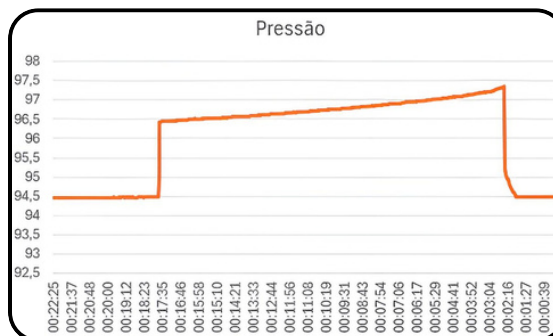
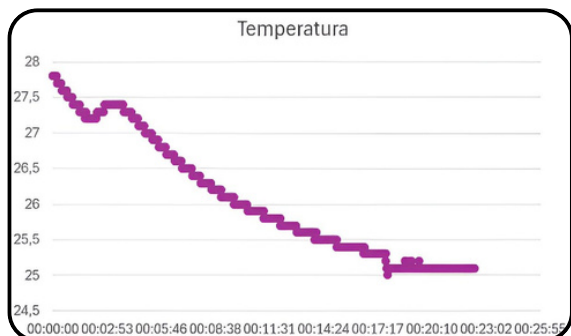
Outros gráficos que podem ser formulados e analisados são os que apresentam os valores de pressão e temperatura. As variações aqui apresentadas não constituem uma regra e são exclusivos dos testes realizados no ambiente em que o laboratório se encontrava. Nesse sentido, incentiva-se que cada caso seja analisado separadamente e discutidos com os colegas de sala de modo a buscar compreender o que pode ter levado as variações obtidas.



O experimento

IV) Interpretação de dados e elaboração de gráficos.

Interpretação de gráficos



Figuras 51 e 52: Gráfico Temperatura \times Tempo e Pressão \times Tempo feitos no *software* Microsoft Excel.
Fonte: Autoria própria



Capítulo 4:

Atividades e Avaliação



Projeto: Divulgação científica

Diante do trabalho científico, surge uma questão importante: **de que formas a ciência pode ser divulgada e compartilhada com a sociedade?** Nesse contexto, as redes sociais ocupam um papel central, uma vez que são espaços onde as informações circulam com grande velocidade e atingem um grande número de pessoas. No entanto, junto com conteúdos de qualidade, também se disseminam informações falsas e afirmações pseudocientíficas.

Dessa forma, a negação parcial ou completa de temas como aquecimento global, acidificação dos oceanos e mudanças climáticas evidenciam a importância, não somente da produção do conhecimento científico, mas também da forma com que essa informação produzida reverbera fora do ambiente de pesquisa. Além disso, mesmo entre pesquisadores, a comunicação é essencial para avaliar métodos, reprodutibilidade de experimentos e confiabilidade das pesquisas que são realizadas na universidade.

Portanto, ao divulgar ciência, busca-se também estabelecer e construir um diálogo e uma aproximação do público que o consome e, uma vez que todos podem participar deste processo, tanto com a incorporação de mais conhecimentos, quanto com o uso da informação divulgada. A seguir, mostramos três exemplos de comunicadores que realizam a divulgação científica.



Para reflexão...

Canais do YouTube como Manual do Mundo e Nerdologia, além do Instagram da Mari Krüger, são exemplos de espaços que realizam divulgação científica por meio de vídeos. Embora todos utilizem o mesmo formato de mídia, a forma de comunicação que cada um adota é bastante diferente. **Por que será que isso acontece?** Para responder, pense sobre os três itens a seguir: I) **Qual o público cada um pretende atingir?**; II) **Qual o conteúdo abordado?**; III) **Como estes interagem com a comunidade das redes?**

Fonte: Páginas do Youtube e Instagram dos respectivos divulgadores.

VEIRA, Cássio Leite. **Pequeno Manual de Divulgação Científica**. 3ª ed. Rio de Janeiro: Instituto Ciência Hoje.



Projeto: Divulgação científica

Nesse sentido, propõe-se o seguinte projeto para ser desenvolvido durante as aulas da UDM: Criar uma mídia de divulgação científica sobre o fenômeno de acidificação. Neste contexto, espera-se que as mídias desenvolvidas (como vídeos, textos, podcasts, cartazes, etc.), sejam realizadas em grupos (de 4 a 5 alunos), e que tenham como público-alvo a comunidade do qual os estudantes fazem parte. Portanto, o projeto deve levar em consideração os resultados obtidos do processo experimental e, além deste, a problemática principal que estrutura a proposta do experimento.

Para exemplificar uma forma de material de divulgação, encontra-se a seguir um exemplo de cartaz feito pela Rede Genômica Fiocruz, ligada ao Ministério da Saúde.

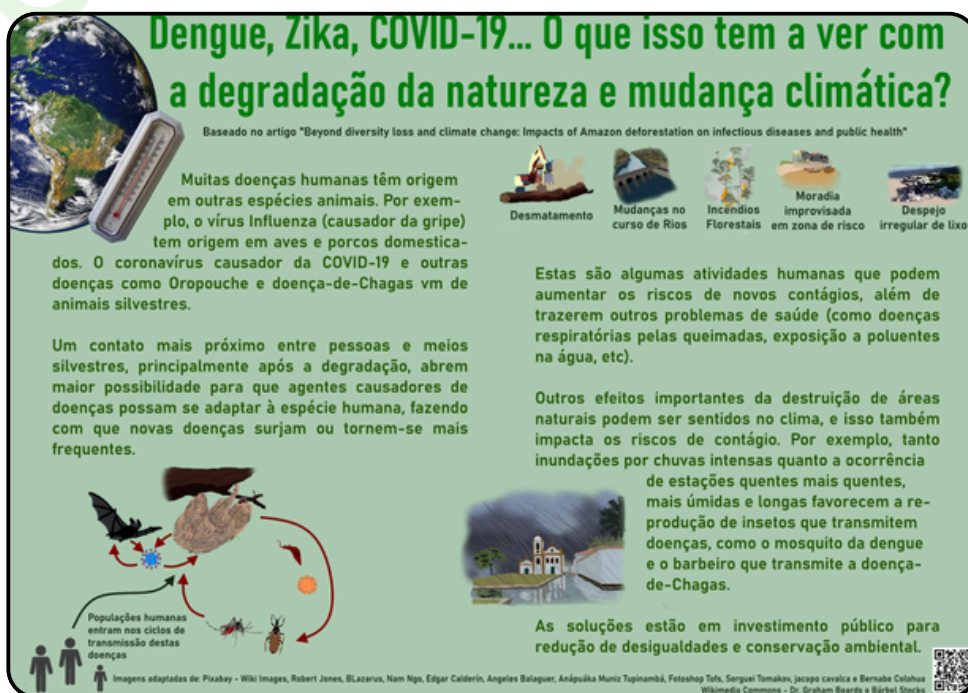


Figura 54: Descrição Acessível de Pôster.

Fonte: Página da Rede Genômica da Fiocruz, disponível em: <https://www.genomahcov.fiocruz.br>. Acesso em: 12 jan. 2026.



Projeto: Divulgação científica

A escolha de uma mídia para o projeto têm implicações diversas para a sua produção. Portanto, para um material de divulgação, é importante que o público-alvo esteja bem definido, bem como a mensagem que o projeto quer expressar.

Além disso, a linguagem que será utilizada deve levar em consideração se o tom e os termos incorporados estão coerentes com o público-alvo que foi escolhido.



Para além dos formatos que foram apresentados anteriormente, uma forma de se aprender sobre possibilidades de divulgação é consumindo e estudando grupos que também publicam materiais de divulgação científica.

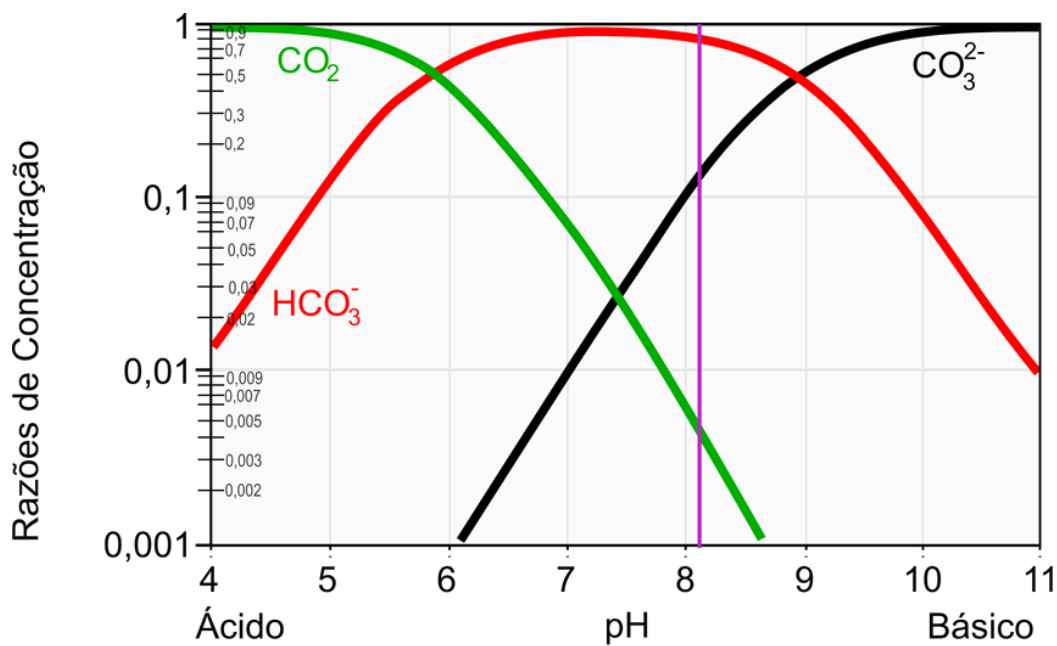
Dentre os possíveis materiais a serem acessados, recomenda-se o **SalaV**, que é um projeto criado pelos alunos de Universidade Estadual de Campinas. Além deste, revistas como a **Superinteressante** e a **Revista Pesquisa Fapesp** tem formatos diversificados e podem auxiliar neste processo de aprendizagem.

Antes do Experimento

Ao realizar o experimento indicado de acidificação dos oceanos, você irá encontrar gráficos, contas e outros assuntos que vão articular os conhecimentos de química, matemática, biologia, entre outros. Portanto, antes de iniciar o experimento, recomendamos que você realize estes exercícios de fixação:

Questão 1

O gráfico a seguir representa a razão da concentração de CO_2 em função do pH, assim como do HCO_3^- e do CO_3^{2-} , que são íons formados a partir da interação do CO_2 com a água.



Fonte: Gráfico da especiação do CO_2 em meio aquoso. Modificado de: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Carbonate_system_of_seawater.svg > acesso 07/11/2025. Domínio público.

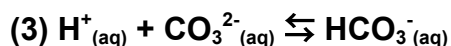
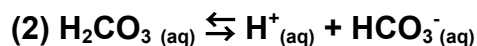
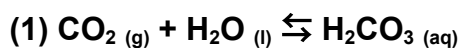


Antes do Experimento

Com base nas informações do gráfico apresentado, responda:

a) Identifique, aproximadamente, o valor de pH indicado na figura pela linha **violeta**. Suponha que, após um processo reacional este valor **tenha diminuído para 7,0** e **trace uma nova linha neste valor de pH**. O que você pode afirmar sobre a concentração das substâncias após este processo reacional? O que acontece com a concentração de H^+ quando o valor de pH diminui?

b) As equações que descrevem o processo de acidificação estudado são:



Com base nos conceitos de **equilíbrio químico**, descreve o que aconteceria se:

- A concentração de H_2CO_3 aumentasse nas equações 1 e 2;
- A concentração de H^+ diminuísse nas equações 2 e 3.

c) Pesquise e reflita sobre as diferentes formas que o processo de acidificação dos oceanos pode afetar a vida marinha, tanto os peixes, crustáceos e demais animais, quanto plantas e seres vivos uni e pluricelulares.

Questão 2

Compreendendo o processo de acidificação dos oceanos como algo complexo e multifatorial, temos que um dos processos que afeta nesse sistema é a grande liberação de CO_2 na atmosfera por diferentes fontes. Quais são essas fontes? Que princípios da Química Verde podem ser incorporados na discussão?

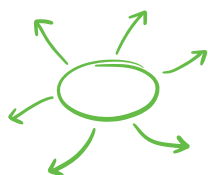


Antes do Experimento

Questão 3 - (PUC-SP 2020 modificado)

Os corais são organismos marinhos que podem viver em associação com zooxantelas, algas microscópicas. Essas algas, que vivem no interior dos tecidos de corais construtores de recifes (corais hermatípicos), realizam fotossíntese e abastecem o coral com compostos nutritivos, ao mesmo tempo em que se beneficiam de substâncias provenientes do metabolismo do coral. A pigmentação das zooxantelas é a responsável pela variedade de cores exibidas pelos corais nos recifes. O declínio na quantidade de zooxantelas nos tecidos é responsável por um fenômeno conhecido como branqueamento dos corais, associado a um aumento na mortalidade desses organismos.

Uma das causas desse aumento da mortalidade desses organismos é o aumento da temperatura marinha provocado pelo efeito estufa. Dado que um dos gases mais relevantes para o efeito estufa é o CO_2 que também é ligado ao fenômeno de acidificação dos oceanos, que relações podem existir entre os dois fenômenos?



Mapa Mental

Em preparação para a produção do material de divulgação, pode ser útil que cada aluno crie um mapa mental sobre o fenômeno da acidificação dos oceanos. Essa atividade ajuda a organizar e sistematizar as ideias principais antes de elaborar o material que será compartilhado com a comunidade.

Um mapa mental é uma forma visual e criativa de representar informações e conexões entre ideias. Ele parte de um conceito central, neste caso, a acidificação dos oceanos e, a partir dele, se ramificam palavras, conceitos e imagens relacionadas ao tema.

Não existem regras rígidas para criar um mapa mental, mas algumas dicas podem ajudar:

- Comece pelo conceito central no meio da folha;
- Acrescente ramificações com os principais aspectos do tema (por exemplo: causas, consequências, impactos ambientais, soluções, etc.);
- Use cores, setas, desenhos e palavras-chave para tornar o mapa mais claro e fácil de entender;
- Lembre-se de que o objetivo é visualizar suas ideias e compreender como elas se conectam.

Abaixo, você pode ver um exemplo de mapa mental:

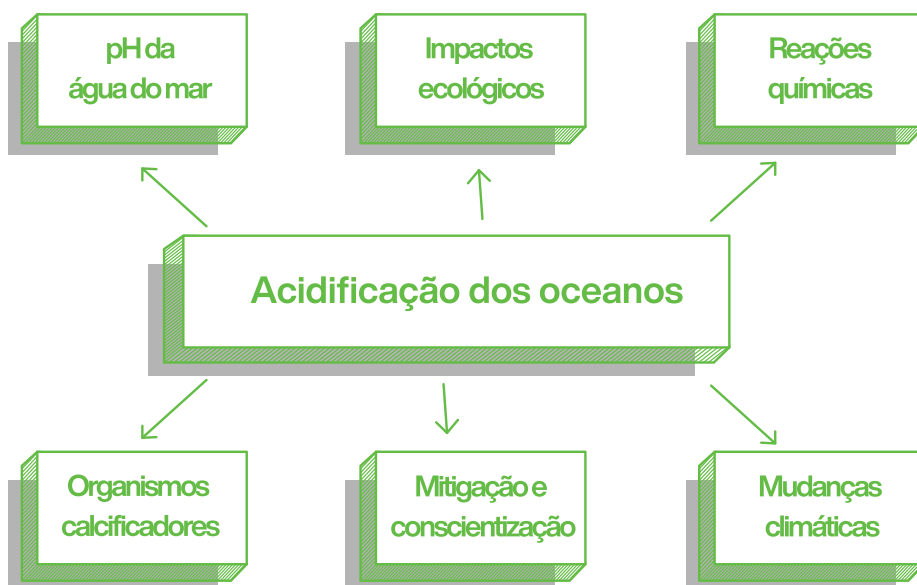


Figura 56: Exemplo de mapa mental.

Fonte: Autoria própria.



REFERÊNCIAS

ANASTAS, P. T.; WARNER, J. C. **Green Chemistry : Theory and Practice**. Oxford: Oxford University Press, 1998. p. 30.

ARDUINO. **Arduino**. Disponível em: <https://www.arduino.cc>. Acesso em: 17 out. 2025.

ARDUINO. **Software**. Disponível em: <https://www.arduino.cc/en/software>. Acesso em: 19 out. 2025.

BLACK, P.; WILIAM, D.. **Inside the black box: Raising standards through classroom assessment**. Phi Delta Kappan, v. 92, n. 1, p. 81–90, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/0031721711009200119>.

CANTO, E. L. DO; LEITE, L. C. C.; CANTO, L. C.. **Química na Abordagem do Cotidiano**. São Paulo: Editora Moderna, 2024.

CANTO, E. L. Do; LEITE, L. C. C.; CANTO, L. C.. **Química na abordagem do cotidiano**. São Paulo: Moderna, 2026.

DA SILVA REIS, R.; SILVA LEITE, B.; BRITO CARNEIRO LEÃO, M.. Apropriação das Tecnologias da Informação e Comunicação no ensino de ciências: uma revisão sistemática da última década (2007-2016). **RENOTE**, v. 15, n. 2, 10 jan. 2018. DOI: <https://doi.org/10.22456/1679-1916.79232>. Acesso em: 24 out. 2025

GreenMakerLab. Disponível em: <https://greenmakerlab.com/TPQVS>. Acesso em: 20 out. 2025.

IVANKOVIĆ, A. Review of 12 Principles of Green Chemistry in Practice. **International Journal of Sustainable and Green Energy**, v. 6, n. 3, p. 39, 2017. DOI: 10.11648/j.ijrse.20170603.12. Acesso em: 10 nov. 2025.

DA SILVA JÚNIOR, C.; JESUS, D.; GIROTTO JÚNIOR, G. QUÍMICA VERDE E A TABELA PERIÓDICA DE ANASTAS E ZIMMERMAN: TRADUÇÃO E ALINHAMENTOS COM O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. **Química Nova**, 2022. DOI: 10.21577/0100-4042.20170893. Acesso em: 20 out. 2025.



REFERÊNCIAS

KRUGER, Mari. **@marikrugerb**. Instagram, [2026]. Perfil. Disponível em: <https://www.instagram.com/marikrugerb/>. Acesso em: 15 nov. 2025.

NERDOLOGIA. **Página inicial**, 2026. Disponível em: <https://www.youtube.com/nerdologia>. Acesso em: 15 nov. 2025.

MANUAL DO MUNDO. **Página inicial**. São Paulo: Iberê Thenório, c2026. Disponível em: <https://www.youtube.com/@manualdomundo>. Acesso em: 15 nov. 2025.

RUIZ-MORENO, L.; SONZOGNO, M. C.; et. al. **Mapa conceitual: ensaiando critérios de análise**. *Ciência & Educação (bauru)*, v. 13, n. 3, p. 453–463. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1516-73132007000300012>. Acesso em: 25 nov. 2025.

VIEIRA, C. L.. **Pequeno Manual de Divulgação Científica**. 3ª ed. Rio de Janeiro: Instituto Ciência Hoje.