

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE QUÍMICA
PROGRAMA NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO DO MESTRADO PROFISSIONAL
EM QUÍMICA EM REDE NACIONAL
PROFQUI

José Borba da Silva

**REPOLHÔMETRO E FOTORREPOLHÔMETRO: pHMETROS DE BAIXO CUSTO
PARA USO NO ENSINO MÉDIO**

Porto Alegre - RS

2020

Josué Borba da Silva

**REPOLHÔMETRO E FOTORREPOLHÔMETRO: pHMETROS DE BAIXO CUSTO
PARA USO NO ENSINO MÉDIO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa Nacional de Pós-Graduação do Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional – PROFQUI, do Instituto de Química da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Química.

Orientadora:
Prof.^a Dr.^a Tania Denise Miskinis Salgado

Porto Alegre - RS
2020

CIP - Catalogação na Publicação

Silva, Josué Borba da
REPOLHÔMETRO E FOTORREPOLHÔMETRO: PHMETROS DE BAIXO
CUSTO PARA USO NO ENSINO MÉDIO / Josué Borba da Silva.
-- 2020.
100 f.
Orientador: Tânia Denise Miskinis Salgado.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do
Rio Grande do Sul, Instituto de Química, Programa de
Pós-Graduação em Mestrado Profissional em Química em
Rede Nacional, Porto Alegre, BR-RS, 2020.

1. FotopHmetro. 2. Repolho Roxo. 3. Arduino. 4.
Antocianinas. 5. Produto Educacional. I. Salgado,
Tânia Denise Miskinis, orient. II. Título.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, em primeiro lugar, a minha orientadora, professora Tania Salgado, pela enorme paciência que teve comigo desde o início e também por sua confiança ao me readmitir na licenciatura e me proporcionar uma carreira docente. O seu trabalho e dedicação na formação de professores e o seu modo simples e cativante de tratar colegas e alunos serão exemplos que levarei sempre comigo em minha jornada como educador. Ser seu orientando é um orgulho imenso. Muito obrigado.

Ao professor Guy Barcellos, um amigo que esteve presente desde o início da minha jornada como docente e que neste momento orgulha-me ao fazer parte da banca de avaliação desta dissertação.

Ao amigo e professor Márcio Marques Martins pelas longas conversas sobre tecnologias, principalmente sobre *Raspberry Pi*, *Arduíno*, *Fliperama*, das quais surgiram várias ideias sobre as TDICs.

Ao professor José Gregório do Profqui/UFRGS. Suas ideias e dicas sobre o pHmetro e os aplicativos foram fundamentais para o nosso projeto.

Ao professor Maurícus Pazinato do Profqui/UFRGS pela sua ajuda com a sequência didática.

À professora Leandra Campo do IQ/UFRGS pelo empréstimo do pHmetro digital. Através dele, conseguimos padronizar nossas amostras.

Agradecemos a empresa Inaquim Ind. e Com. Ltda, que cedeu gentilmente sobras de reagentes e algumas horas da minha consultoria em prol desta pesquisa.

Ao Colégio Adventista de Gravataí, por ceder o espaço para realização desta pesquisa e ao professor Flávio Guimarães da Silva que disponibilizou as turmas de 9º ano do ensino fundamental para a realização das atividades.

À Escola Barão do Rio Branco e ao professor Thiago Garcia, que cederam suas aulas com as turmas do ensino médio para participarem desta pesquisa.

A todos os demais professores do Profqui/UFRGS, pelo profissionalismo, carinho e empenho dedicados nas disciplinas de formação de mestres em química.

A minha esposa Cátia e meu filho Yuri. Sem eles, nada faria sentido.

RESUMO

Um dispositivo tecnológico, capaz de medir o pH de produtos químicos diversos, foi associado a uma sequência didática e utilizado no ensino contextual de ácidos, bases e pH para alunos do ensino médio. A primeira versão do dispositivo foi construída com base em uma plataforma de prototipagem chamada *Arduino*®. Ela é responsável pela leitura digital das cores obtidas pela mistura de soluções problemas com o extrato aquoso do repolho roxo, transformando esses dados em valores de pH. A segunda versão do dispositivo consiste de um aplicativo elaborado a partir da plataforma gratuita *MIT app inventors 2*, que é instalado no *smartphone* do próprio aluno. A partir do dispositivo desenvolvido, foi criada uma sequência didática baseada na abordagem CTSA (ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente) e nos pressupostos da aprendizagem significativa de Ausubel. Os resultados da utilização da sequência didática foram analisados qualitativamente. Os grupos de alunos que participaram da sequência didática elaborada foram capazes de identificar o pH de saneantes de uso doméstico, como um detergente para lavar louça, um desengraxante e um limpador pós-obra. Através dos valores obtidos, eles conseguiram associar o pH de produtos de limpeza com os potenciais perigos aos quais as pessoas são expostas durante o manuseio destas misturas, demonstrando que este dispositivo de baixo custo pode ser usado com uma ferramenta potencialmente significativa no ensino de química. A descrição completa da confecção e aplicação deste dispositivo no ensino de química deu origem a um Produto Educacional, disponibilizado na forma de um “Guia para o Professor”.

Palavras-Chave: *Arduino*®. Repolho roxo. pHmetro. PROFQUI. Produto educacional. FotopHmetro. Smartphone. TDIC. Antocianinas. HSL.

ABSTRACT

A technological device, capable of measuring the pH of various chemical products, was associated with a didactic sequence and used in the contextual teaching of acids, bases and pH for high school students. The first version of the device was built based on a prototyping platform called Arduino[®]. It is responsible for digitally reading the colours obtained by mixing problem solutions with the aqueous extract of red cabbage, transforming this data into pH values. The current version of the device consists of an application developed from the free MIT app inventor's platform, which is installed on the student's smartphone. From the developed device, a didactic sequence was created based on the Science-Technology-Society-Environment (CTSA) approach and on the assumptions of Ausubel's significant learning. The results of using the didactic sequence were analyzed qualitatively. The groups of students that used the elaborated didactic sequence were able to identify the pH of household sanitizers, such as dishwashing detergent, degreaser and after-work cleaner. Through the values obtained, they were able to associate the pH of cleaning products with the potential hazards that people are exposed to when handling these mixtures, demonstrating that this low-cost device can be used as a potentially significant tool in teaching chemistry. The complete description of the elaboration and application of this device in chemistry teaching will give rise to an Educational Product, made available in the form of a "Teachers' Guide".

Keywords: Arduino[®]. Red cabbage. pH meter. PROFQUI. Educational product. PhotopHmeter. Smartphone. Anthocyanins. Information and Communication Technology (ICT). HSL

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CSI	Crime Scene Investigation
CTSA	Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente
DCN	Diretrizes Curriculares Nacionais
EFII	Ensino Fundamental Séries Finais
EM	Ensino Médio
ENEM	Exame Nacional de Ensino Médio
FISPQ	Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos
MIT	Massachusetts Institut of Technology
NAPEAD	Núcleo de Apoio Pedagógico à Educação a Distância
PCNEM	Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio
PROFQUI	Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional
SAC	Serviço de Atendimento ao Consumidor
SARS-CoV-2	Síndrome respiratória aguda grave de corona vírus.
SEBRAE	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
TDIC	Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação
USB	Universal Serial Bus

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Sabão "Neutro" de uma marca comercial conhecida	15
Figura 2 - Dados Técnicos do Produto da Figura 1	16
Figura 3 – <i>Fake News</i>	17
Figura 4 - Ácidos e Bases de Arrhenius em água	30
Figura 5 - Exemplos de ácidos e bases de Brønsted-Lowry.	31
Figura 6 - Exemplo de ácido e base de Lewis.....	31
Figura 7 - Força de alguns ácidos em função da constante ácida de ionização.	32
Figura 8 - Força de algumas bases em função da constante básica de ionização. ..	33
Figura 9 - Representação das estruturas da fenolftaleína em meio ácido e básico. .	36
Figura 10 - Estruturas do azul de bromotimol em meio ácido e básico.	36
Figura 11 - Estruturas das antocianinas em meio ácido e básico.	37
Figura 12 - Espectro eletromagnético.....	38
Figura 13 - Estruturas das espécies predominantes de antocianinas do repolho roxo em função do pH.	39
Figura 14 - Espectro na região UV-Vis de antocianinas em diferentes pH.....	40
Figura 15 - Variação das cores de soluções do extrato de repolho roxo em função do seu pH.	41
Figura 16 - Dispositivo Repolhómetro.	43
Figura 17 - Esquema das conexões elétricas ao <i>Arduino</i> ®.....	45
Figura 18 - Ligação do módulo de <i>bluetooth</i> ao <i>Arduino</i> ®.....	45
Figura 19 - Estrutura interna do medidor de pH.	46
Figura 20 - Dispositivo confeccionado para medir o pH.	46
Figura 21 - Imagem da tela do aplicativo efetuando a leitura do pH.	48
Figura 22 - Padronização do dispositivo.....	49
Figura 23 - Análise do pH da amostra utilizando o repolhómetro.....	50
Figura 24 - Análise do pH feita pelo aplicativo fotorrepolhómetro.	51
Figura 25 - Atividade experimental feita no saguão da escola.	53
Figura 26 - Uso do kit de soluções na Escola Adventista de Gravataí.	54
Figura 27 - Alunos usando o fotorrepolhómetro para verificação do pH na Escola Barão do Amazonas.....	54
Figura 28 - Correlação entre os valores de pH padrão e os valores experimentais. .	58

Figura 29 - Representação gráfica obtida a partir da variação do matiz de cor (H) do extrato aquoso do repolho roxo em função do seu pH.	61
Figura 30 - Primeira versão do repolhómetro com conexão via USB com o notebook.	62
Figura 31 - Cópia da tela do notebook que mostra a recepção de dados através de uma comunicação serial.	62
Figura 32 - QR-Code para <i>download</i> do app.....	63
Figura 33 - Tela principal do aplicativo desenvolvido para os dispositivos.....	64
Figura 34 - Parte do código utilizado na construção do app Fotorrepolhómetro.	64
Figura 35 - Avaliação da sequência didática de acordo com o contexto.....	66
Figura 36 - Avaliação da sequência didática de acordo com os componentes curriculares.	67
Figura 37 - Retorno dos alunos em relação à sequência didática de acordo com a resolução de problemas.....	68
Figura 38 - Retorno dos alunos em relação a sequência didática de acordo com o uso de tecnologias em sala de aula.	69

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Cor em R, G e B do extrato de repolho roxo em função de seu pH	58
Tabela 2 - Relação entre o pH de uma amostra com a componente H (matiz).....	60

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVOS	20
2.1 OBJETIVO GERAL	20
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
3 REFERENCIAL TEÓRICO	21
3.1 EDUCAÇÃO E TECNOLOGIA	21
3.2 SEQUÊNCIA DIDÁTICA E ENFOQUE CTSA	22
3.3 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA	24
3.4 PRODUTOS DE HIGIENE E LIMPEZA - UM TEMA COM ABORDAGEM CTSA	24
3.5 ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA E PROPOSTAS PARA O ENSINO DE QUÍMICA	26
3.6 PRODUTO EDUCACIONAL	28
3.6.1 Conceitos fundamentais sobre ácidos, bases e pH	28
3.6.2 Determinação do pH	34
3.6.3 Indicadores ácido base	35
3.6.4 Identificação do pH através da cor	38
4 METODOLOGIA	42
4.1 METODOLOGIA DA PESQUISA	42
4.2 CONSTRUÇÃO DOS DISPOSITIVOS MEDIDORES DE pH	42
4.2.1 Repolhómetro	42
4.2.2. Fotorrepolhómetro	47
4.2.3 Calibração	48
4.2.4 Leitura do pH	49
4.3 SEQUÊNCIA DIDÁTICA	51
4.3.1 Estrutura	51
4.3.2 Aplicação	52
4.3.3 Uso dos dispositivos	53
4.3.4 Avaliação da aprendizagem	55
4.3.5 Avaliação da metodologia e do dispositivo educacional	55
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	56
5.1 SOLUÇÃO INDICADORA DE REPOLHO ROXO	56

5.2 PREPARO DAS AMOSTRAS PARA ANÁLISE	57
5.3 AQUISIÇÃO DE DADOS	57
5.4 APLICATIVOS.....	61
5.5 AVALIAÇÃO DOS ALUNOS	65
5.6 PERSPECTIVA DOS ALUNOS	66
5.7 PRODUTO EDUCACIONAL E SEQUÊNCIA DIDÁTICA	71
6 CONCLUSÃO	73
7 REFERÊNCIAS.....	75
APÊNDICE A-PRODUTO EDUCACIONAL.....	81
APÊNDICE B - QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL.....	98

1 INTRODUÇÃO

Nós, professores, estamos em uma constante busca por novas metodologias no ensino da Química. Tal qual o mundo contemporâneo, percebemos que a Química está em pleno movimento, a cada dia que passa novas ideias surgem, novos conceitos são estabelecidos e os alunos, na mesma velocidade, têm ao seu dispor inúmeros recursos digitais e tecnológicos que lhes facilitam a busca pelo conhecimento. Diante desta inovação constante, de qual maneira, nós, professores, poderíamos contribuir para que as metodologias empregadas no ensino de Química despertassem maior interesse e compreensão dos conteúdos propostos?

Ao encontro destas ideias, esta dissertação de mestrado propõe o desenvolvimento e a aplicação de um produto educacional, elaborado a partir de um dispositivo tecnológico, destinado a professores de Química e de Ciências da rede básica de ensino. Desta forma, essa nova ferramenta disponibiliza novos horizontes para a elaboração de metodologias tecnológicas, interativas e contextuais para o ensino da Química.

A metodologia proposta aborda um tema social com enfoque no cotidiano da maioria dos alunos, no caso, higiene e limpeza, e é aplicada a partir de uma sequência didática. Além disto, a escolha deste tema permite ao professor ter inúmeras possibilidades de abordar diferentes conceitos químicos, os quais podem ser tratados de maneira contextual dentro do produto educacional.

Esta pesquisa teve início nas observações feitas durante a minha trajetória profissional em indústrias químicas de saneantes e cosméticos. Como consultor técnico verifiquei que muitas reclamações enviadas ao Serviço de Atendimento ao Consumidor (SAC) eram devidas à ineficácia de algum produto ou em decorrência de possíveis reações alérgicas e tóxicas que os produtos teriam causado ao usuário. Em vários casos, observei que os consumidores não seguiram as informações do rótulo, realizando misturas e diluições inadequadas ou desconheciam os termos técnicos de advertência apresentados. Uma das reclamações chamou minha atenção, pois relatava que os operadores de uma empresa de lavagem de carros, a fim de potencializar a limpeza de um motor muito sujo, misturam *Metacil*, que é um produto extremamente ácido, com um desengraxante alcalino. Esse processo favoreceu uma reação química ácido-base entre as espécies, formando uma mistura com

propriedades químicas diferentes daquelas encontradas nas substâncias originais isoladas. Como resultado, a mistura obtida não apresentou o desempenho esperado.

Esse caso mostra que os conceitos químicos fundamentais sobre ácidos e bases, que deveriam ser conhecidos pelos profissionais da limpeza, não foram devidamente aplicados em suas rotinas profissionais. Possivelmente, esses conhecimentos, necessários para o manuseio de produtos químicos, não foram assimilados ou sequer as instruções de uso encontradas nos rótulos foram lidas.

É fundamental conhecer o modo de uso e os riscos envolvidos quando se trabalha com produtos químicos, tanto profissionalmente quanto em uso doméstico. Estas informações devem estar disponíveis nos rótulos dos produtos, para que os usuários possam segui-las e, desta forma, manipular com eficácia e segurança as mais variadas substâncias contidas em produtos químicos de uso comum, como exemplo, cosméticos e saneantes.

No caso dos saneantes, o uso imprudente destes produtos pode trazer sérias consequências aos usuários e também às pessoas próximas ao local de uso. A principal é a intoxicação gerada pela mistura indevida de diferentes produtos. O assunto tem uma relevância considerável e é frequentemente utilizado na elaboração de questões do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM).

O comércio clandestino de produtos de limpeza contribui para este risco, pois a maioria dos produtos comercializados desta forma são entregues em garrafas de refrigerante, sem rótulo, oferecendo um enorme risco à saúde da população. Além disso, a produção não é assistida por um responsável técnico que possa garantir a qualidade e a segurança no manuseio destes produtos. As embalagens de alimento utilizadas no armazenamento destes produtos clandestinos podem induzir as crianças a ingerir acidentalmente este conteúdo, aumentando ainda mais a periculosidade destes produtos.

Para evitar estes riscos e vários outros, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) define e aplica normas rigorosas para os fabricantes e distribuidores de saneantes e cosméticos (BRASIL, 2005). As propriedades físico-químicas dos insumos utilizados na formulação destes produtos são consideradas na avaliação do seu grau de periculosidade, sendo que o pH do produto final tem o maior destaque. Esta informação não é exigida na maioria dos rótulos dos produtos de

higiene e limpeza, mas é fundamental em documentos técnicos, como a ficha de informação de segurança de produtos químicos (FISPQ).

O pH é um conceito, de uma maneira geral, pouco compreendido pelos usuários de produtos sanitários de uso doméstico. Como esta informação não é obrigatória nos rótulos, muitos fabricantes de marcas reconhecidas de produtos de limpeza publicam informações sobre acidez e basicidade de seus produtos em desacordo com a literatura científica. É comum o uso do termo “produto neutro” associado a qualidades como: “*não agride a natureza*” ou “*incolor, inodoro*”, enquanto que o recomendado pela própria Anvisa seria usar esta expressão fundamentada nos conceitos químicos de pH. A Figura 1 mostra o termo “Neutro” em destaque no rótulo de um sabão em barra de uma marca muito conhecida do mercado.

Figura 1 - Sabão "Neutro" de uma marca comercial conhecida.



Fonte: <<https://www.magazineluiza.com.br>>. Acesso em 02 de janeiro de 2020.

Observando os dados técnicos do produto presentes em sua FISPQ (Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos), mostrados na Figura 2, verificamos que o produto não forma soluções aquosas neutras, mas sim alcalinas, pois tem pH próximo a 10. Para que o sabão fosse um produto neutro ele teria que apresentar um pH próximo a 7 em solução aquosa, ou seja, nem ácido, nem básico. Ao contrário do pensamento popular, um produto colorido e aromatizado como um

detergente aroma de limão, na cor verde, poderia ser considerado neutro desde que esse produto apresentasse um pH próximo a 7.

Figura 2 - Dados Técnicos do Produto da Figura 1.

FICHA DE INFORMAÇÕES DE SEGURANÇA DE PRODUTOS QUÍMICOS	
Nome do Produto: SABÃO GLICERINADO (NEUTRO, MULTIATIVO, FRESH, ALOE VERA, FLORES E FRUTAS, CÔCO E TOQUE DE AVEIA)	
Revisão: 00	Data: 01/10/2017
Página: 8 /15	
atmosférica	
Pressão de vapor a 25°C	Não determinado
Pressão de vapor a 50°C	Não determinado
Taxa de evaporação a 20°C	Não aplicável
Densidade a 25°C	1,00 – 1,05g/cm ³
Densidade relativa a 20 °C	Não disponível
Viscosidade a 25°C	Não disponível
Viscosidade cinemática a 20°C	Não disponível
Viscosidade cinemática a 40°C	Não disponível
Concentração	Não disponível
pH	9 – 10 (solução 1%)
Densidade do vapor a 20 °C	Não determinado

A tabela mostra que o pH em solução aquosa é próximo a 10, ou seja, o produto forma soluções aquosas alcalinas (pH >7) e não neutras.

Fonte: FISPQ do produto – Química Amparo Ltda.

Com a disseminação do vírus SARS-CoV-2 neste ano de 2020, “fake News” são publicadas tão rapidamente quanto a velocidade de propagação deste vírus. Muitas destas falsas notícias envolvem temas científicos (Figura 3). Esta postagem, disseminada em redes sociais, como *WhatsApp* e *Facebook*, afirma que o pH de certas frutas é um fator de extrema relevância no combate ao vírus. Em primeiro lugar, esta afirmação não é fundamentada cientificamente. E ainda, os valores de pH apresentados como exemplo estão em desacordo com os valores experimentais e também com os tabelados. Finalmente, a grafia de pH está errada também. Desta forma, levanta-se uma questão: estaríamos preparados para identificar fundamentos científicos inconsistentes nas notícias que recebemos diariamente?

Figura 3 – Fake News.

Informações para todos:

O COVID-19 é imune a organismos com um PH maior que 5,5.

Precisamos consumir mais alimentos alcalinos que nos ajudem a aumentar o nível de PH, para combater o vírus.

Alguns dos quais são:

Limão _____ 9,9 PH	Tangerina__ 8,0 PH
Abacate _ 15,6 PH	Abacaxi __ 12,7 PH
Alho _____ 13,2 PH	Laranja ____ 9.2 PH
Manga _____ 8,7 PH	

Não guarde essas informações apenas, para você. Passe para toda a sua família e amigos.

Tome cuidado e Deus te abençoe.

Fonte: <https://acoescovid19.unifesspa.edu.br>. Acesso em janeiro de 2021.

Os conceitos sobre pH são apresentados na escola para os alunos do Ensino Fundamental II e do Ensino Médio, acompanhados dos conceitos de acidez e basicidade de substâncias puras, geralmente ácidos e bases inorgânicos.

A mensuração do pH em escolas pode ser feita através de equipamentos ou de indicadores ácido e base na forma de solução ou no formato de fitas. Os medidores de pH fornecem leituras precisas, porém têm um custo elevado e requerem um programa de manutenção preventiva, incluindo-se calibrações e aferições periódicas. O uso de fitas indicadoras ou soluções indicadoras de pH são um recurso mais acessível para escolas e também para espaços não formais para a verificação qualitativa do pH (comparação com a cor). Os indicadores de pH mais usados são o papel tornassol, a fenolftaleína e os indicadores naturais, como o extrato de repolho roxo, entretanto os valores de pH obtidos não são bem definidos e, assim, são

apresentados na forma de intervalos de pH. A dificuldade de utilizar estes recursos didáticos limitam os professores a ensinar conceitos fundamentados na aplicação de fórmulas e na resolução de problemas matemáticos, o que muitas vezes causa o desinteresse dos alunos (SILVA Jr.; SILVA; NOBREGA, 2016).

No contexto social, os conceitos sobre pH são frequentemente utilizados para definir os riscos potenciais que alguma substância ou mistura possa oferecer. Como exemplo, podemos citar o pH da água das piscinas e o de certos produtos de higiene e limpeza. Na maioria das vezes, quando a sua aplicação e importância não são contextualizadas, os alunos têm dificuldade em estabelecer uma relação entre os conceitos teóricos e os fenômenos observados em seu cotidiano. Desta forma acabam por considerar o conteúdo sem sentido. Em função disso, passam a apenas memorizar os conceitos e as fórmulas matemáticas (ANTUNES et al., 2009).

Uma das propostas do Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional (PROFQUI) é a criação de um material que facilite o ensino de determinados conceitos químicos, ou seja, um Produto Educacional. No caso do ensino dos conceitos de pH, acreditamos que uma sequência didática consiga envolver tanto alunos quanto professores em um processo de aprendizagem mútua, no qual o conhecimento possa ser construído a partir de um enfoque científico, social e tecnológico.

O uso de sequências didáticas contendo cenários investigativos ou situações problema poderia ser útil para o processo formativo de alunos e professores, os quais atuariam em grupos colaborativos, com a ação do professor como um orientador do processo de aprendizagem (PIERINI et al., 2015). Associados a esta abordagem investigativa, os alunos poderiam utilizar materiais e recursos didáticos tecnológicos que auxiliariam tecnicamente o professor e a turma na resolução dos problemas. Entre esses recursos podemos citar os aplicativos e dispositivos eletrônicos.

Um exemplo de dispositivo que utilizou interdisciplinarmente os conceitos de pH foi proposto por Damasceno et al. (2015), que utilizaram um *scanner* de uso doméstico comum para detectar as cores de uma solução de azul de bromotimol em função do pH do meio adicionado a ela. As cores obtidas foram decompostas digitalmente em um padrão RGB (*red, green, blue*). Uma análise de regressão linear multivariada estabeleceu uma relação entre as cores e o pH das substâncias analisadas.

Para a construção de um pHmetro “caseiro”, Jin et al. (2018) utilizaram dois eletrodos comerciais e adaptaram este sistema a um dispositivo de código aberto conhecido como *Arduino*®, com o qual foi construído o pHmetro. O aparelho criado apresentou um baixo custo, em torno de US\$ 50,00 (cinquenta dólares americanos), e permitia a comunicação dos dados via *Bluetooth*.

Em 2018, um aplicativo chamado *Photometrix* foi utilizado para fazer a detecção espectrofotométrica de lítio em amostras de água, utilizando uma câmera acoplada a um celular. Mais tarde, esse mesmo aplicativo foi utilizado para fazer um pHmetro, utilizando a leitura obtida pela adição de uma solução de repolho roxo em amostras problemáticas. Um dos inconvenientes da técnica era a preparação *in situ* da curva padrão, deixando inviável o seu uso fora de um laboratório (SILVA et al., 2018).

Diante do exposto, será desenvolvido um medidor de pH, feito a partir de materiais de baixo custo e com tecnologia de fácil acesso. Para a sua confecção, pretendemos usar, inicialmente, a placa de prototipagem conhecida como *Arduíno* e nele associar uma interface na forma de aplicativo para smartphones. Este último será desenvolvido por meio da plataforma *online* conhecida como *app inventor 2*, disponibilizada no sítio do Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT) e poderá ser uma ferramenta extremamente útil e potencialmente significativa aos alunos e professores para a contextualização e identificação do pH de produtos do dia a dia.

Esperamos que o medidor de pH, incluído na sequência didática e associado a uma metodologia com abordagem CTSA, permita aos alunos participarem de múltiplos contextos de desenvolvimento social e cognitivo, proporcionando, desta forma, um maior interesse pelo conteúdo e um maior entendimento sobre o universo que os cerca, ou seja, de acordo com Chassot (2000), a alfabetização científica do estudante (BERALDO; MACIEL, 2016).

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver dispositivos tecnológicos capazes de medir o pH de produtos químicos diversos e aplicá-los em sequências didáticas para o ensino contextual de ácidos, bases e pH para alunos da rede básica de ensino.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Desenvolver um dispositivo medidor de pH de baixo custo a partir da plataforma *Arduino*® e do indicador natural feito a base de extrato de repolho roxo;
- Desenvolver um aplicativo *Android* como interface para o medidor de pH;
- Elaborar uma sequência didática e associá-la aos medidores de pH;
- Utilizar o tema higiene e limpeza para introduzir os conceitos de ácido e base;
- Propor uma atividade investigativa aos alunos, envolvendo a relação do pH dos produtos de limpeza com a sua seletividade;
- Avaliar as potencialidades dos dispositivos medidores de pH propostos como ferramenta educacional.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 EDUCAÇÃO E TECNOLOGIA

Não são poucos aqueles que exaltam a grandeza de viver em uma era tecnológica, maravilhando-se com a criação de dispositivos de “última geração”. Há mais de 60 anos não conseguiríamos imaginar um mundo com internet, computadores pessoais, *smartphones*, etc. Hoje, tais dispositivos estão cada vez mais presentes em nosso cotidiano. Tão importante quanto esta constatação é a necessidade de problematizarmos as formas com que esses dispositivos participam dos afazeres e das relações sociais (MARFIM; PESCE, 2019).

De fato, estas tecnologias passaram a interferir na vida das pessoas como instrumentos mediadores para a realização das suas atividades produtivas. Neste universo os *smartphones* se destacam devido a sua mobilidade e praticidade. Atualmente são os mais versáteis, pois através deles temos acesso a inúmeras funcionalidades em um só equipamento, como agenda, câmera fotográfica, relógio, despertador, rádio, TV, calculadora, GPS, notebook, além do telefone. Se não bastasse, ainda nos permitem compartilhar diversas informações digitalmente através de conexões sem fio como *bluetooth*, *wireless*, entre dispositivos ou através da *web*. Os autores classificam estes dispositivos eletrônicos e tecnológicos utilizados para este fim como Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC) (COSTA; DUQUEVIZ; PEDROZA, 2015).

O contexto social, histórico e cultural contemporâneo, fortemente marcado pelas TDIC, gera demandas sobre a escola atual e sobre o trabalho docente. Não pela presença desta tecnologia na sociedade, mas também por considerar que o aluno nascido na era digital tem hábitos diferenciados e aprende a partir do meio social e cultural, onde estão presentes as tecnologias (LOPES; FÜRKOTTER, 2016).

Segundo Beraldo e Maciel (2016), celulares, notebooks, aplicativos para edição de imagem e som, GPS, conectados à rede, por exemplo, são recursos potenciais que podem ser integrados em atividades como mecanismos de busca, ferramentas de visualização ou plataformas de aprendizagem. As escolas estão repletas das TDICs introduzidas informalmente pelos estudantes e professores quando usam seus dispositivos digitais, entretanto, o foco está direcionado para o uso de aplicativos de

entretenimento como o *Facebook* ou *WhatsApp*, afinal, o aparelho é adequado para este propósito comercial. A questão é que o aparelho também pode ser adequado para outros propósitos além do lazer e da diversão. É evidente que o mau uso do celular em sala de aula deve ser evitado, porém é necessário que estas tecnologias recebam “um novo olhar” a partir do educador e da escola. A contextualização deve ser associada ao uso destas ferramentas, pois se faz necessário se apropriar do conteúdo e redefini-lo de acordo com os contextos reais e cotidianos de seu uso. Alguns docentes, por sua vez, preferem educar apenas com quadro e giz e assim perpetuam um modelo já desgastado, com resultados mínimos (SILVA; CORREA, 2014).

Para Beraldo e Maciel (2016), esse cenário merece uma reflexão sobre a importância destas novas tecnologias para a aprendizagem. A sua existência não pode apenas ser desconsiderada, nem, tão pouco, o seu uso proibido. A questão a ser buscada é de quais maneiras elas realmente podem contribuir para o processo de aprendizagem digital.

3.2 SEQUÊNCIA DIDÁTICA E ENFOQUE CTSA

O ensino de química não se restringe somente à aplicação de conceitos científicos, é necessário que a formação dos alunos tenha outras contribuições que o completem como cidadão participante de uma sociedade moderna e preocupado com questões de caráter social, ambiental e tecnológico (MARCONDES et al., 2009). A contextualização é uma estratégia que relaciona os conceitos teóricos escolares com as situações reais do cotidiano dos alunos. Essa perspectiva começou na década de 70 com o movimento Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), justamente decorrente do impacto que a ciência e a tecnologia causavam na sociedade. Recentemente, as questões ambientais têm despertado grande interesse e preocupação, razão pela qual sua relação com o movimento anterior fez surgir o movimento Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA) (MARCONDES et al., 2009).

Segundo Santos (2007), a formação ambiental, tecnológica e o contexto escolar exercem uma profunda influência sobre a atuação do profissional da educação. Essa influência abrange as crenças sobre conhecimento, ciência,

tecnologia, ensino e aprendizagem, qualificando os professores em seu processo de formação, resultando em uma oportunidade de reflexão sobre a prática e, portanto, capaz de formar um profissional autônomo e reflexivo. Os materiais didáticos, produzidos sob essa perspectiva, adotam um enfoque construtivista e apontam para a necessidade da participação ativa do aluno na construção do conhecimento científico e na consideração de suas concepções e de sua vivência sociocultural. Esses materiais incluem a abordagem do conteúdo articulando teoria, experimentação e ênfase no movimento CTSA.

O resultado dessa combinação de estratégias e abordagens sistemáticas é conhecido como sequência didática (SD), processo no qual o professor organiza as atividades necessárias para o ensino de algum conteúdo com base em núcleos temáticos e procedimentais (ARAÚJO, 2013).

Um sequencia didática é composta por uma série de atividades planejadas e organizadas de modo progressivo, guiadas por um tema ou objetivo central. Sua estrutura é semelhante a um conjunto de planos de aula, contendo objetivos, materiais a serem usados, procedimentos e avaliações. Esta diversidade de recursos e estratégias utilizadas ao decorrer da SD tem o intuito de tornar o processo de ensino e aprendizagem mais eficiente, pois utiliza a participação ativa dos alunos através do uso de problemas autênticos como ponto de partida (COSTA,2016).

Stefini e Zoch (2016) apresentaram uma sequência didática baseada em uma abordagem CTSA utilizando o tema “Água”. De acordo com os autores, a justificativa é de que ela é indispensável à vida e que as preocupações e os cuidados necessários para sua preservação e uso são de responsabilidade de todos, permitindo, desta forma, que os alunos se apropriassem de conceitos escolares em torno de um tema de ordem social como a água. De modo semelhante, a utilização de uma SD para o ensino de química também pode contribuir para estimular o interesse dos alunos pelos conteúdos propostos.

3.3 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Para Ausubel (2000), a aprendizagem no contexto escolar deve ocorrer de maneira significativa, ou seja, as novas ideias devem se relacionar com as ideias relevantes ancoradas na estrutura cognitiva do aprendiz (subsunçores), dando origem a significados verdadeiros. Neste momento ocorrerá a assimilação dos significados apresentados e conseqüentemente a sua aprendizagem.

Para a ocorrência da aprendizagem significativa, pressupõe-se disposição do aluno em relacionar o material a ser aprendido de modo substantivo e não literal. Para que isso ocorra, o material de aprendizagem deve ser potencialmente significativo, ou seja, deve se relacionar à estrutura cognitiva do aprendiz com bases substantivas e significação lógica, ou seja, seja plausível. Quando o aluno não apresenta disposição em aprender significativamente, ou quando o material não é potencialmente significativo, teremos uma aprendizagem mecânica. Decorar os símbolos dos elementos químicos é uma aprendizagem mecânica, por exemplo (PONTES NETO, 2006).

Desse modo, devido à importância de valorizar aquilo que o aluno já conhece na aprendizagem atual, Ausubel (2000) enfatizou que a aprendizagem deve ser realizada de acordo com aquilo que o aluno já conhece. Isto é, o ensino deve encontrar ressonância na estrutura cognitiva do aluno. O uso de temas cotidianos pode contribuir de maneira significativa para o ensino de química, pois trabalha com conceitos de conhecimento comum, aumentando as possibilidades de ancoragem nos subsunçores já existentes e, conseqüentemente, proporcionando várias vias para a assimilação das novas ideias apresentadas.

3.4 PRODUTOS DE HIGIENE E LIMPEZA - UM TEMA COM ABORDAGEM CTSA

Produtos de higiene e limpeza são itens de consumo frequente por boa parte da população brasileira. Segundo o Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE), a manutenção do lar lidera o *ranking* de gastos dos brasileiros, com 25,5% do total. Estão neste item despesas com aluguel, impostos e taxas, contas de luz, água, gás e material de higiene e limpeza (SEBRAE, 2014). Pela relevância deste

assunto, o tema envolvido pode ser usado como um material potencialmente significativo na contextualização do ensino de Química, como por exemplo, ácidos, bases e a escala de pH (MUNCHEN, 2012).

A Anvisa é um órgão federal que tem por finalidade promover a proteção da saúde da população, por intermédio do controle sanitário da produção e consumo de produtos e serviços submetidos a vigilância sanitária, dentre eles os produtos de higiene e limpeza usados no lar. Normalmente os mais usados são o detergente para louças, sabão em barra, sabão para roupa, amaciantes, desengraxantes, xampu, condicionador e sabonete (SEBRAE, 2014). De acordo com a sua finalidade, os produtos são classificados como produtos cosméticos e saneantes. Os primeiros são basicamente para limpeza e higienização do corpo humano, enquanto que os saneantes são destinados à aplicação em objetos, tecidos, superfícies inanimadas e ambientes, com finalidade de limpeza e afins. Eles fazem, portanto, parte da rotina diária da maioria das pessoas e são itens fundamentais na sociedade, pois através do seu uso consegue-se, por exemplo, prevenir inúmeras doenças. Da mesma forma, estes produtos requerem cuidados especiais quanto ao seu manuseio e utilização, consequência da sua composição química que pode conter substâncias prejudiciais à saúde ou ser incompatível com outros produtos (BRASIL, 2010).

A Anvisa estabelece normas para que os fabricantes de saneantes tenham controle máximo da qualidade do produto final. A primeira etapa, antes de comercializar um produto, é o processo de notificação junto à Agência. Nela são declaradas, via petição eletrônica, a fórmula e toda literatura necessária para descrever o produto, da qual se retiram as informações do rótulo, documento essencial para o manuseio com segurança do saneante (BRASIL, 2010).

Há fatores que determinam a classificação dos riscos oferecidos pelos saneantes, como a presença de determinadas substâncias e o pH. Para a Anvisa, existem duas classes de saneantes, de acordo com o risco oferecido: os produtos de risco 1 e os produtos de risco 2. Os produtos de risco 1 são aqueles encontrados no comércio, com venda direta ao consumidor e em embalagens menores do que 5 litros. Eles apresentam uma faixa de pH na forma pura, à temperatura de 25° C, maior que 2 ou menor que 11,5. Por sua vez, os produtos de risco 2 são aqueles que oferecem maior risco ao consumidor, pois tem pH próximo aos extremos da escala, ou seja, abaixo de 2 e acima de 11,5. Entretanto, nem todos os produtos de risco 2 apresentam

estes valores de pH. Alguns são classificados desta forma por apresentarem substâncias potencialmente nocivas, o que exige maior cuidado no manuseio destes produtos. Há, ainda, os produtos que precisam comprovar sua eficácia, como desinfetantes e água sanitária. Todos eles são produtos de risco 2 (BRASIL, 2010).

Infelizmente, quando não há um controle na composição química do produto e a forma de apresentação dos produtos de limpeza não é feita de maneira adequada, como a venda em garrafas de refrigerante, inúmeros acidentes domésticos podem acontecer. Em um estudo realizado recentemente no Brasil, foram analisadas e comparadas as repercussões clínicas dos acidentes com saneantes de uso domiciliar de origem legal e clandestina em crianças menores de 7 anos. A maioria das exposições ocorreu em crianças menores de 3 anos, na residência habitual (92,9%) e por ingestão (97,2%). Os produtos envolvidos foram saneantes de baixa toxicidade sem efeito cáustico (38,9%), com efeito cáustico (24,1%), hidrocarbonetos (19,3%), inseticidas/raticidas (16,6%) e outros produtos (1,1%). Os acidentes com produtos clandestinos somaram um total de 20%, principalmente cáusticos. Entre as crianças que apresentaram manifestações clínicas pós-exposição, as ocorrências mais frequentes foram vômitos, queimaduras orais, tosse, salivação e dor abdominal, significativamente mais comum com produtos clandestinos (CAMPOS et al., 2017).

3.5 ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA E PROPOSTAS PARA O ENSINO DE QUÍMICA

Algumas propostas apresentadas pelos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNEM), pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e pelas Diretrizes Curriculares Nacionais do Ensino Médio (DCN) merecem destaque pois têm algo em comum, que é a contraposição à antiga educação “*bancária*”, termo que Paulo Freire utilizava para definir o ensino no qual o professor é o detentor do saber e deposita as informações nos alunos, que aceitam incondicionalmente, memorizam e depois as repetem (FREIRE, 1987). Fundamentalmente, isto deve ocorrer a partir da interdisciplinaridade e da contextualização do ensino, ou seja, metodologias que permitam ao aluno reconhecer, compreender e descrever os fenômenos do seu cotidiano, relacionando-os a descrições na linguagem usual e articulando o significado

de ideias, como nos exemplos: “produto natural”, “detergente neutro”, “desengraxante alcalino”, etc. (BRASIL, 2000; 2010b; 2018).

De fato, hoje não podemos conceber propostas para um ensino de ciências sem incluir nos currículos conteúdos que estejam orientados para a busca de aspectos sociais e pessoais dos estudantes. Para Chassot (2002), é necessário que o ensino em ciências seja capaz de preparar o aluno para uma educação mais comprometida com os conhecimentos do seu dia a dia, principalmente em seu contexto social. Alfabetização Científica é o termo usado para definir este tipo de aprendizagem, no qual homens e mulheres são educados para entender o universo que os cerca. Ainda segundo Chassot, um ser alfabetizado cientificamente é aquele capaz de ler a linguagem em que a natureza está escrita.

Mas isso não basta, é preciso entender as necessidades de transformar o mundo e, se possível, modificá-lo em algo melhor. Para que isto ocorra as pessoas devem dispor de conhecimentos científicos e tecnológicos necessários para poderem atuar em sua vida diária, ajudando a resolver os problemas e as necessidades de saúde, bem-estar, natureza, enfim a sobrevivência básica dela e da sociedade.

Neste sentido, o grande desafio dos educadores seria o planejamento de suas aulas visando a alfabetização científica. Sasseron e Carvalho (2011) fizeram uma revisão bibliográfica sobre esse conceito e destacaram três eixos básicos chamados de eixos estruturantes da alfabetização científica. O primeiro desses três eixos estruturantes refere-se à compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos fundamentais. Consiste em trabalhar com os alunos nos conceitos fundamentais que o ajudam a entender os fenômenos diários do seu cotidiano. O segundo eixo seria relacionar a ciência com fatores éticos e políticos, exigindo, assim, a reflexão de alunos e professores quando defrontados com informações e conjuntos de novas circunstâncias. Finalmente, o terceiro eixo trata do entendimento das relações entre ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente, pois as ações tomadas em uma das esferas causam consequências diretas nas outras, sendo elas positivas ou negativas.

Uma proposta para um ensino de Química que vai ao encontro das ideias apresentadas anteriormente trata da investigação e compreensão de situações problema envolvendo dados de natureza química. Atividades deste tipo levam os alunos a identificar e buscar informações mais relevantes para solução de seus

problemas, tal qual acontece na vida “real”. Neste ponto, a informação necessária vai além daquela apresentada no conteúdo da disciplina, exigindo, assim, a participação de outras áreas do conhecimento, necessárias para a construção dos conceitos propostos (CHASSOT, 2002). Temas que englobam produtos de limpeza podem requerer uma análise sob vários pontos de vista, por exemplo, avaliar o risco que o uso de um determinado saneante pode apresentar, baseando-se em grandezas e indicadores de qualidade, como o pH, concentração de substâncias e informações presentes nos rótulos dos produtos (BRASIL, 2000).

3.6 PRODUTO EDUCACIONAL

Os Produtos Educacionais podem ser caracterizados como aqueles produtos ou processos educacionais a serem utilizados por professores e ou profissionais da área de ensino em espaços formais e ou não-formais e que envolvem uma reflexão sobre os problemas vividos pelo docente em relação a uma realidade escolar, trazendo-o ao desenvolvimento de atividades curriculares alternativas (OSTERMAN; RESENDE, 2009).

Ele deve ser um produto instrucional para ser usado em condições reais de sala de aula ou em situações informais de ensino. Aplicativos, conteúdos multimídia, sequências didáticas, são exemplos de produtos educacionais.

Como o Produto Educacional elaborado para este Mestrado Profissional trabalha com os conceitos de ácido, base, pH e indicadores, esses conceitos serão apresentados nas subseções desta seção, de modo a oferecer um respaldo para o que vai ser abordado na sequência didática proposta.

3.6.1 Conceitos fundamentais sobre ácidos, bases e pH

Antes de existirem os conceitos sobre acidez ou basicidade, já tínhamos a experiência. Nossos ancestrais conseguiam notar pequenas mudanças do sabor de frutos em função da variedade, da época do ano ou do estágio de amadurecimento.

Qualquer caçador-coletor antigo ou agricultor moderno sabe diferenciar, ainda que de modo simplório, as diferenças de acidez de alguns alimentos.

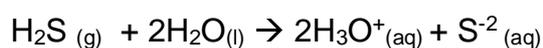
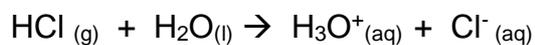
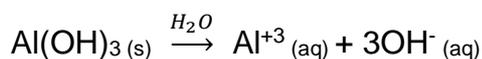
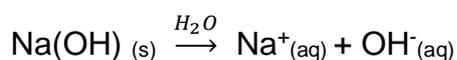
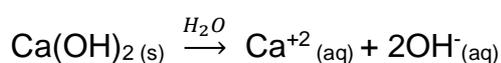
A acidez de uma fruta está relacionada à presença de diversos ácidos orgânicos. As frutas maduras ou em estágios de maturação avançada apresentam pH maior, são menos azedas e mais fáceis de consumir. Por muito tempo, o sabor era uma das principais propriedades a caracterizar as substâncias. A acidez (do latim *acetum* ou azedo), termo relativo ao ácido acético presente no vinagre, é um dos cinco sabores essenciais que nosso paladar é capaz de distinguir através de células receptoras da língua, que são terminações nervosas específicas sensíveis à concentração do íon hidrogênio (que combinado com a água forma o íon hidrônio H_3O^+). Este íon é tradicionalmente relacionado à acidez de Brønsted-Lowry ou de Arrhenius, porém não temos receptores específicos para a acidez não prótica, como as do conceito de ácidos de Lewis (MORENO; MARTINS; RAJAGOPAL, 2015).

O nome álcali é originário do árabe *Al-Qili* e significa “cinzas calcinadas”, pois era obtido a partir da lavagem e fervura de resíduos da combustão de madeira e plantas ricas em carbonato de potássio ou de sódio. Ao adicionar essas cinzas alcalinas aos ácidos graxos presentes na gordura (ou sebo) de animais, produzia-se o sabão (cognato da forma latina *sebum*, “sebo”). O termo base foi introduzido tempos depois, pois os metais menos nobres, ou “básicos”, eram os mais fáceis de oxidar e também eram conhecidos como álcali. Os termos metais alcalinos e alcalinos terrosos são uma denominação que acabou sendo herdada dos álcalis (MORENO; MARTINS; RAJAGOPAL, 2015).

As teorias que procuram explicar o comportamento dessas substâncias são bastante antigas, sendo que as principais são as teorias de Arrhenius (1887), dos sistemas solventes (1905), protônica (1923), eletrônica (1923), de Lux (1939), de Usanovich (1939) e ionotrópica (1954).

Uma das primeiras definições para ácidos e bases foi a do químico sueco Svante Arrhenius, por volta de 1884, que dizia que um ácido era um composto que reage com água para formar íons hidrogênio e que base é um composto que produz íons hidróxido na água. Antes de tudo é preciso que o ácido se ionize em água ou que a base se dissocie também, só assim ocorrerá a liberação dos íons H^+ e OH^- . Quanto maior for a liberação destes íons, mais forte será o ácido ou base (Figura 4) (ATKINS; JONES, 2012).

Figura 4 - Ácidos e Bases de Arrhenius em água.

ÁCIDOS DE ARRHENIUS**BASES DE ARRHENIUS**

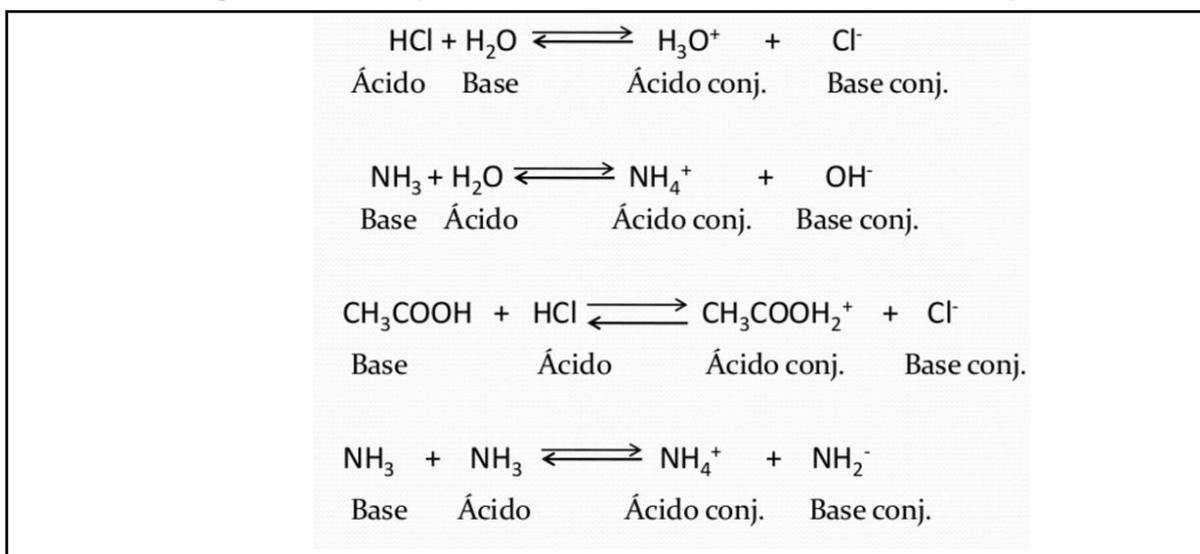
Fonte: o autor.

O problema das definições de Arrhenius é que ele se refere a um solvente em particular, a água, e que as espécies precisam se ionizar para gerar os íons citados.

Em 1905, E.C Franklin participou do desenvolvimento da teoria dos sistemas solventes, a qual considerava solventes diversos, além da água. Segundo ele, um solvente pode sofrer autoionização, gerando um ácido (cátion) e uma base (ânion). Nesta teoria, ácido é tudo que faz aumentar a concentração do cátion característico do solvente e base é o que aumenta a concentração do ânion característico (CHAGAS, 1999).

EM 1923 foi criada, independentemente, por G. Lewis (EUA), T. Lowry (Inglaterra) e J. Brønsted (Dinamarca) a teoria protônica. O inglês Thomas Lowry e o Dinamarquês Johannes Brønsted, baseados em trabalhos cujo solvente era a amônia, definiram ácidos e bases da seguinte forma: um ácido é um doador de prótons e uma base é um receptor de prótons, como mostra a Figura 5.

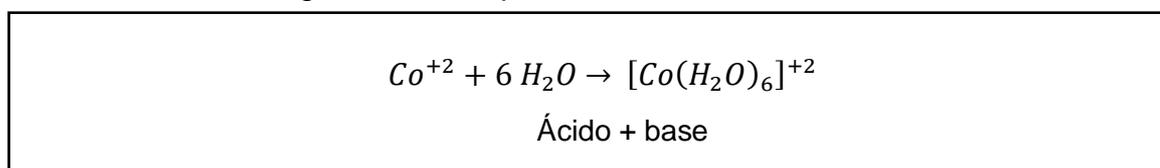
Figura 5 - Exemplos de ácidos e bases de Brønsted-Lowry.



Fonte: ATKINS; JONES(2012).

No mesmo ano que Brønsted e Lowry lançam a sua definição para ácidos e bases (1923), o estadunidense, Gilbert Newton Lewis lançou outra definição para tais espécies, que seria muito mais abrangente, a Teoria Eletrônica. Para Lewis, um ácido é uma substância que atua como receptora de um par de elétrons, já uma base é uma substância que atua como doadora de um par de elétrons. No exemplo da Figura 6, um cátion metálico pode se ligar a um par de elétrons fornecido por uma base em um composto de coordenação.

Figura 6 - Exemplo de ácido e base de Lewis.



Fonte: o autor.

Após a teoria eletrônica, o desenvolvimento de novas teorias continuou: os ácidos duros e moles (R. Pearson, 1963); a correlação de fenômenos ácido-base e de óxido-redução (V. Gutmann, década de 60); e a aplicação da química quântica às reações ácido-base (Klopman, década de 60).

Fundamentalmente as teorias ácido-base tentam explicar os fatos de seu domínio, gerar pesquisas, propor problemas e fazer previsões. Elas devem ser práticas, simples e funcionais, tanto na pesquisa, quanto no ensino. Atualmente, as teorias protônicas e eletrônicas são as que possuem um maior número destes elementos desejados (CHAGAS, 1999).

No ensino médio, o modelo definido por Arrhenius sobre ácidos e bases explica de maneira prática e simples os fenômenos cotidianos estudados pelos alunos em sala de aula. Além disto, esta teoria é bem explicada e difundida nos livros didáticos, razão pela qual ainda tem relevância no ensino de química. (MORENO; MARTINS; RAJAGOPAL, 2015).

Segundo Atkins e Jones (2012), a força de um ácido ou base pode ser mensurada de acordo com a sua capacidade de formar íons em solução aquosa. No caso dos ácidos, a constante de equilíbrio é definida por constante de acidez (**ka**) e nas bases por constante de basicidade (**kb**). Quanto maior for o valor da constante, mais ácida ou básica será a substância. As Figuras 7 e 8 mostram a relação de força para ácidos e bases.

Figura 7 - Força de alguns ácidos em função da constante ácida de ionização.

Ácido	K_a	pK_a
ácido fórmico, HCOOH	$1,8 \times 10^{-4}$	3,75
ácido benzóico, C ₆ H ₅ COOH	$6,5 \times 10^{-5}$	4,19
ácido acético, CH ₃ COOH	$1,8 \times 10^{-5}$	4,75
ácido carbônico, H ₂ CO ₃	$4,3 \times 10^{-7}$	6,37
ácido hipocloroso, HClO	$3,0 \times 10^{-8}$	7,53
ácido hipobromoso, HBrO	$2,0 \times 10^{-9}$	8,69
ácido bórico, B(OH) ₃ [†]	$7,2 \times 10^{-10}$	9,14
ácido cianídrico, HCN	$4,9 \times 10^{-10}$	9,31
fenol, C ₆ H ₅ OH	$1,3 \times 10^{-10}$	9,89
ácido hipoiódoso, HIO	$2,3 \times 10^{-11}$	10,64

Fonte: Adaptado de Atkins e Jones (2012, p. 436).

Figura 8 - Força de algumas bases em função da constante básica de ionização.

Base	K_b	pK_b
uréia, $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	$1,3 \times 10^{-14}$	13,90
anilina, $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$	$4,3 \times 10^{-10}$	9,37
piridina, $\text{C}_5\text{H}_5\text{N}$	$1,8 \times 10^{-9}$	8,75
hidroxilamina, NH_2OH	$1,1 \times 10^{-8}$	7,97
nicotina, $\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{N}_2$	$1,0 \times 10^{-6}$	5,98
morfina, $\text{C}_{17}\text{H}_{19}\text{O}_3\text{N}$	$1,6 \times 10^{-6}$	5,79
hidrazina, NH_2NH_2	$1,7 \times 10^{-6}$	5,77

Fonte: Adaptado de Atkins e Jones (2012, p. 437).

Para quantificação da acidez e basicidade de uma solução aquosa diluída, utiliza-se o conceito de potencial hidrogeniônico, cujo símbolo é representado pela sigla pH “*pondus hydrogeni* – potencial de hidrogênio”. O termo foi introduzido pelo bioquímico dinamarquês Søren Sørensen (1868-1939) em uma cervejaria alemã, a Calrsberg, com o objetivo de melhorar o controle de qualidade das cervejas (MORENO; MARTINS; RAJAGOPAL, 2015). Na verdade, ele achou um meio mais simples e conveniente de expressar a acidez, utilizando o logaritmo negativo da concentração do íon hidrogênio (Equação 1):

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+] \quad (1)$$

Conceitualmente, o pH é melhor definido como:

$$\text{pH} = -\log a_{\text{H}^+} \quad (2)$$

Sendo que a_{H^+} é a atividade do íon hidrogênio. Teoricamente, a atividade do íon H^+ , em soluções diluídas, pode ser considerada muito próxima à concentração deste mesmo íon, de modo que:

$$a_{\text{H}^+} \cong [\text{H}^+] \quad (3)$$

O que nos leva à Equação (1), que é a expressão usualmente utilizada, especialmente no ensino de Química no nível médio.

Os valores da escala de pH para soluções diluídas variam de 0 até 14, em decorrência da constante de equilíbrio iônico da água, a uma determinada temperatura. Valores abaixo de 7 são característicos de soluções ácidas, ou seja, há um excesso de íons H^+ em relação aos íons OH^- , enquanto que valores maiores do que 7 são de soluções básicas, ou seja, há um excesso de íons OH^- em relação aos íons H^+ .

pH > 7: básico

pH < 7: ácido

Em soluções pouco diluídas, as interações entre espécies modificam as atividades dos íons, resultando em valores de pH fora do usual. Por exemplo, uma solução extremamente ácida pode apresentar um pH negativo, da mesma forma que uma solução extremamente básica pode apresentar um pH acima de 14.

A introdução do pH como ferramenta de controle de acidez revolucionou inúmeros processos industriais e operações unitárias em meio aquoso, como nas indústrias de cosméticos e produtos de limpeza, onde frequentemente o termo “neutro” é utilizado como sinônimo de qualidade (GAMA; AFONSO, 2007).

3.6.2 Determinação do pH

A determinação do pH é feita geralmente por meio de processos colorimétricos e eletrométricos. Os métodos eletrométricos foram os últimos a serem desenvolvidos. Em 1930, Arnold O. Beckman (1900-2004), químico e engenheiro químico americano, foi contratado para desenvolver um método robusto e confiável para testar a acidez de frutas. Em 1934, surgiu o primeiro medidor de pH bem-sucedido, ele usava o recém inventado eletrodo de vidro, permitindo medidas rápidas e confiáveis de acidez. Inicialmente chamava-se “acid-o-meter”, mas como media o pH, na língua portuguesa foi chamado de pHmetro. O princípio de funcionamento dos pHmetros atuais é a determinação da força eletromotriz (f.e.m.) de uma célula eletroquímica constituída por uma solução, cujo pH se deseja medir, e dois eletrodos. Um deles é o eletrodo de

referência, cujo potencial independe do pH da solução. O outro é o eletrodo indicador, o qual adquire um potencial de acordo com do pH da solução sob exame. O eletrodo de vidro é o modelo mais usado para as medidas de pH. Na faixa ótima de operação, que é de pH 2-11, o pH pode ser expresso da seguinte maneira:

$$E_{\text{vidro}} = E^0_{\text{vidro}} - 0,059 \cdot \text{pH} \quad (4)$$

sendo E^0_{vidro} o potencial padrão do eletrodo de vidro (GAMA; AFONSO, 2007).

3.6.3 Indicadores ácido base

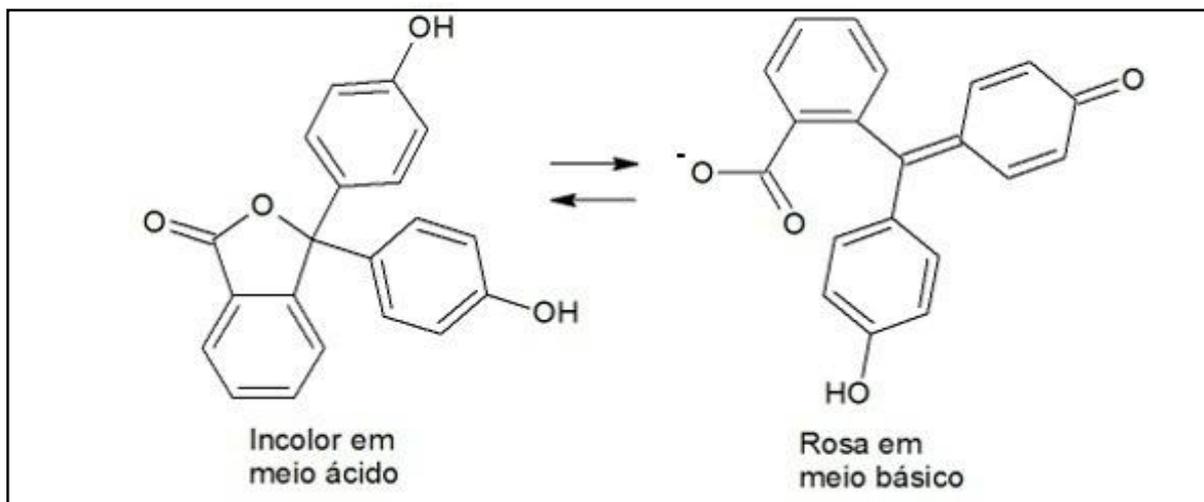
Os métodos colorimétricos de determinação do pH são baseados na mudança de cor que certas substâncias apresentam quando em contato com outras substâncias ácidas ou básicas. Segundo Brønsted-Lowry, os próprios indicadores são compostos ácido e base fracos.



As formas protonadas e desprotonadas possuem cores diferentes em função do pH (GOUVEIA-MATOS, 1999). No século XVII, Robert Boyle introduziu o uso racional de indicadores através do uso de um licor de violeta. Ele constatou que o papel impregnado com o extrato da planta ficava vermelho em contato com vinagre e verde em soluções básicas. Desta constatação ele definiu que ácidos são substâncias que tornam vermelho os extratos das plantas. Até então os conceitos de ácido e base ainda não estavam completamente formalizados, as primeiras tentativas só vieram a ocorrer no século XIX, com Svante Arrhenius (TERCI; ROSSI, 2002).

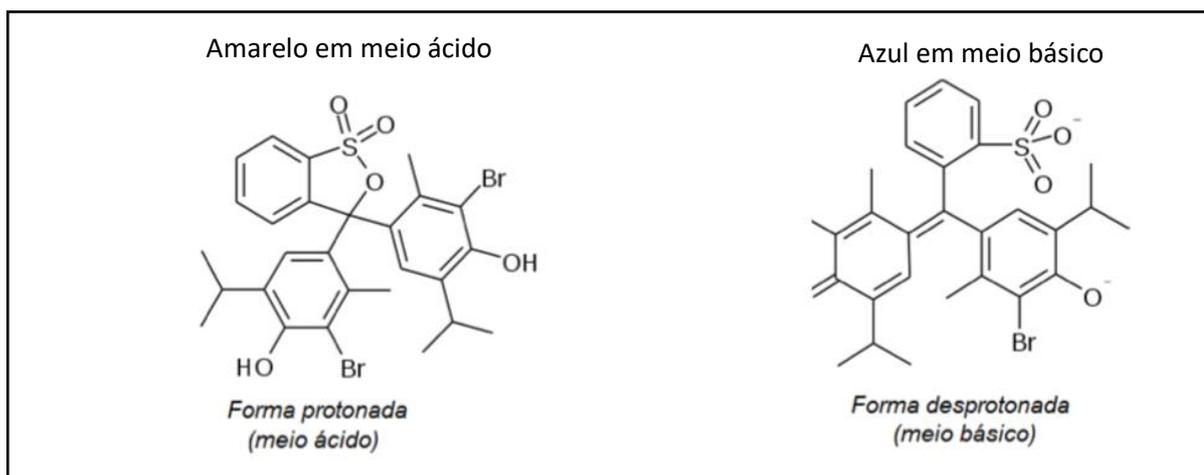
Os indicadores mais utilizados atualmente são os sintéticos, como a fenolftaleína (Figura 9), alaranjado de metila e azul de bromotimol (Figura 10). Há versões em fitas ou papéis compostos de vários indicadores reunidos em um só teste, permitindo ao usuário ter uma ideia do pH da solução com maior precisão. A vantagem no uso destes indicadores é que são produtos comerciais, com elevado grau de pureza e confiabilidade.

Figura 9 - Representação das estruturas da fenolftaleína em meio ácido e básico.



Fonte: ATKINS; JONES (2012).

Figura 10 - Estruturas do azul de bromotimol em meio ácido e básico.



Fonte: ATKINS; JONES (2012).

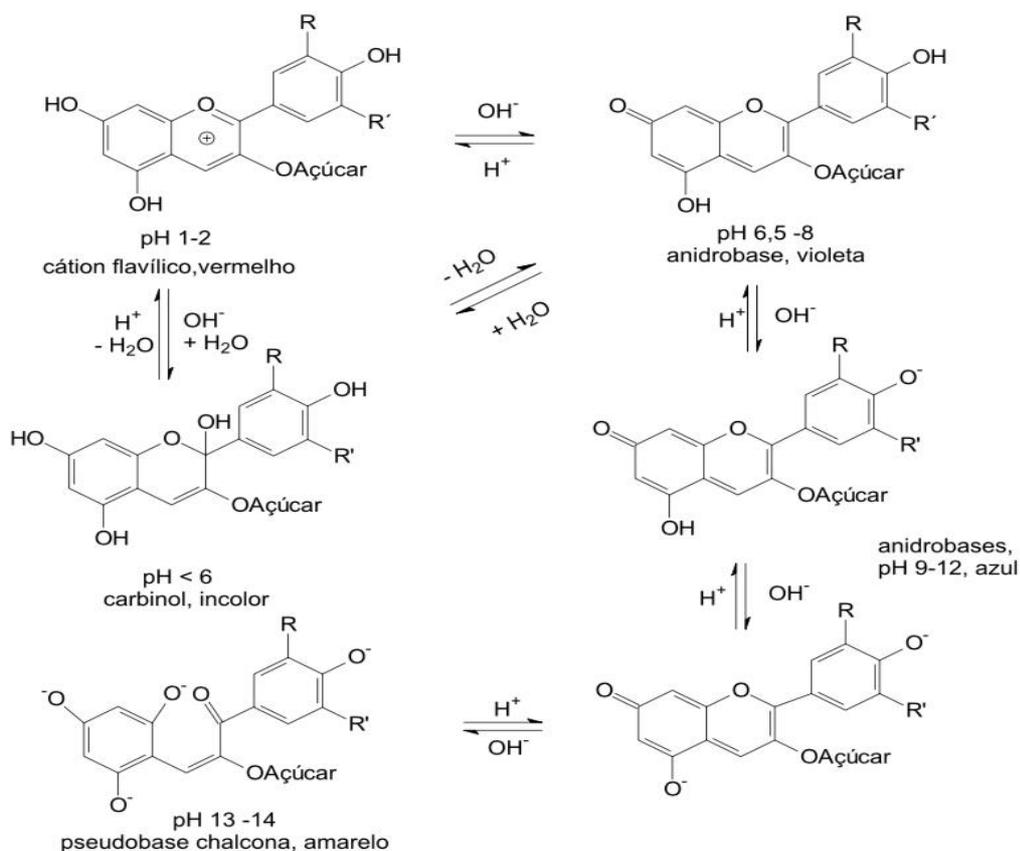
O uso de corantes naturais como indicadores de pH é uma alternativa plausível no ensino de Química, porque são de fácil acesso, baixo custo e podem ser utilizados em aulas experimentais, mesmo quando não existe um laboratório na escola. Os indicadores despertam o interesse dos estudantes devido à coloração natural das substâncias químicas contidas nos tecidos vegetais e suas mudanças de cor em função do pH (MOTA; CLEOPHAS, 2014).

A mudança na cor se deve a um grupo de substâncias naturais, as antocianinas. As antocianinas (das palavras gregas anthos, flor e kianos, azul), são pigmentos vegetais presentes nas seivas das plantas e produzem as cores azul,

violeta, vermelho e rosa de flores e frutas. Se essas antocianinas forem extraídas do meio natural, aparecerão na forma de sais flavílicos. É comum esses sais estarem ligados a moléculas de açúcares e, se não estiverem ligados a estas moléculas, são conhecidas simplesmente como antocianidinas. Quimicamente, esses pigmentos são compostos fenólicos pertencentes ao grupo dos flavonoides (Figura 11). São compostos solúveis em água e altamente instáveis em temperaturas elevadas. A molécula da antocianina é constituída por duas ou três porções, uma aglicona (antocianidina sem açúcares), um grupo de açúcares e, frequentemente, um grupo de ácidos orgânicos (GOUVEIA-MATOS, 1999).

Esta propriedade das antocianinas, de apresentarem cores diferentes, dependendo do pH do meio, faz com que estes pigmentos possam ser utilizados como indicadores naturais de pH. As mudanças estruturais que ocorrem com a variação do pH e são responsáveis pelo aparecimento das espécies com colorações diferentes são vistas na Figura 11 (TERCI; ROSSI, 2002).

Figura 11 - Estruturas das antocianinas em meio ácido e básico.

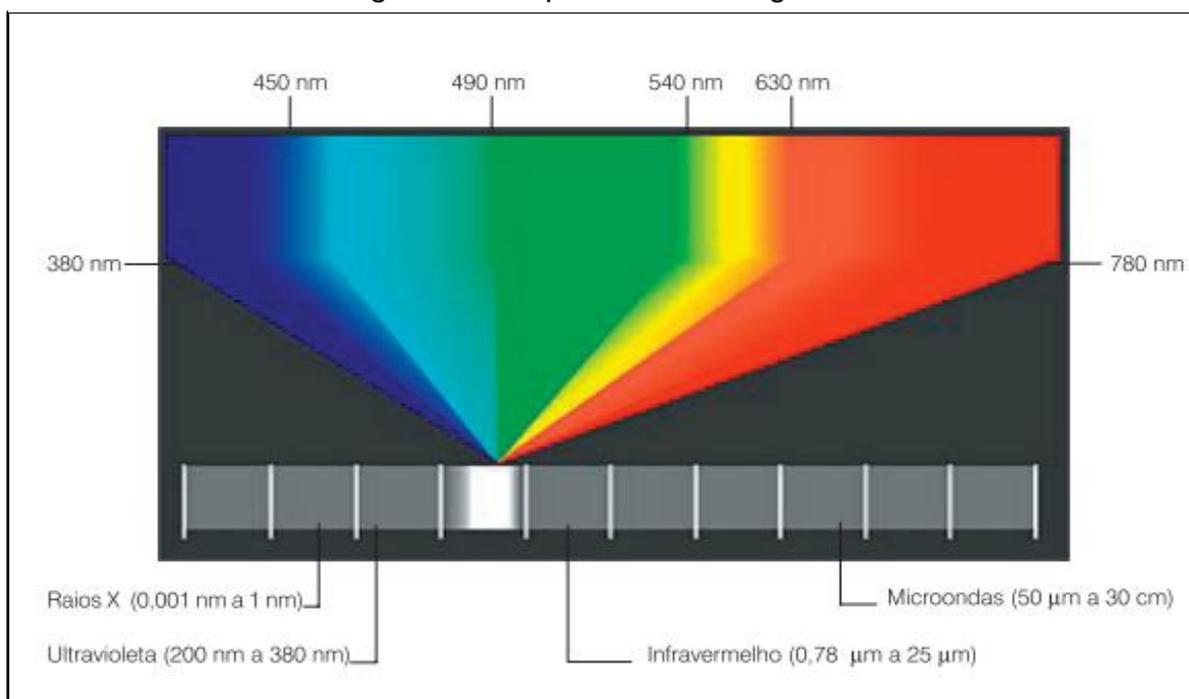


Fonte: TERCI; ROSSI (2002).

3.6.4 Identificação do pH através da cor

Aquilo que chamamos de cor é o resultado da interação do nosso sistema visual (cérebro, sistema neurotransmissor, nervo ótico, globo ocular) com a luz visível, um conjunto de ondas eletromagnéticas que estão em uma restrita faixa de comprimentos de onda (Figura 12). Quando uma luz policromática (composta de vários comprimentos de onda) incide sobre uma superfície, parte da radiação é absorvida e parte é refletida. Esta última é a parte que enxergamos. Por exemplo, a luz vermelha é vista quando o material reflete a radiação na faixa de 640 a 780 nm (GOUVEIA-MATOS, 1999).

Figura 12 - Espectro eletromagnético.

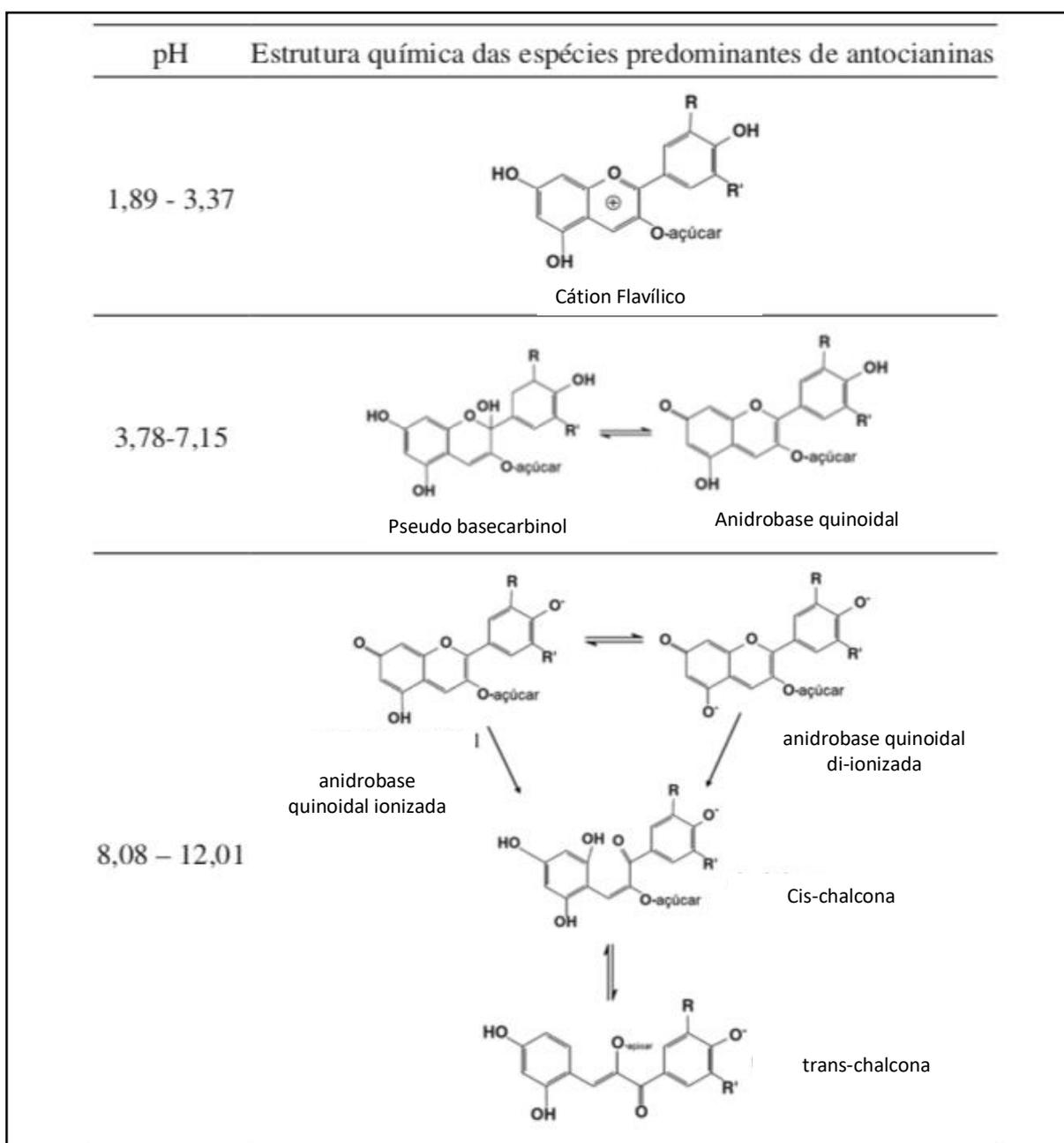


Fonte: GOUVEIA-MATOS (1999).

O extrato de repolho roxo é uma solução que contém antocianinas e é muito utilizado pelos professores de ciências para ilustração de suas aulas sobre acidez e basicidade. Na Figura 13 podemos ver as estruturas químicas das espécies predominantes de antocianinas do repolho roxo.

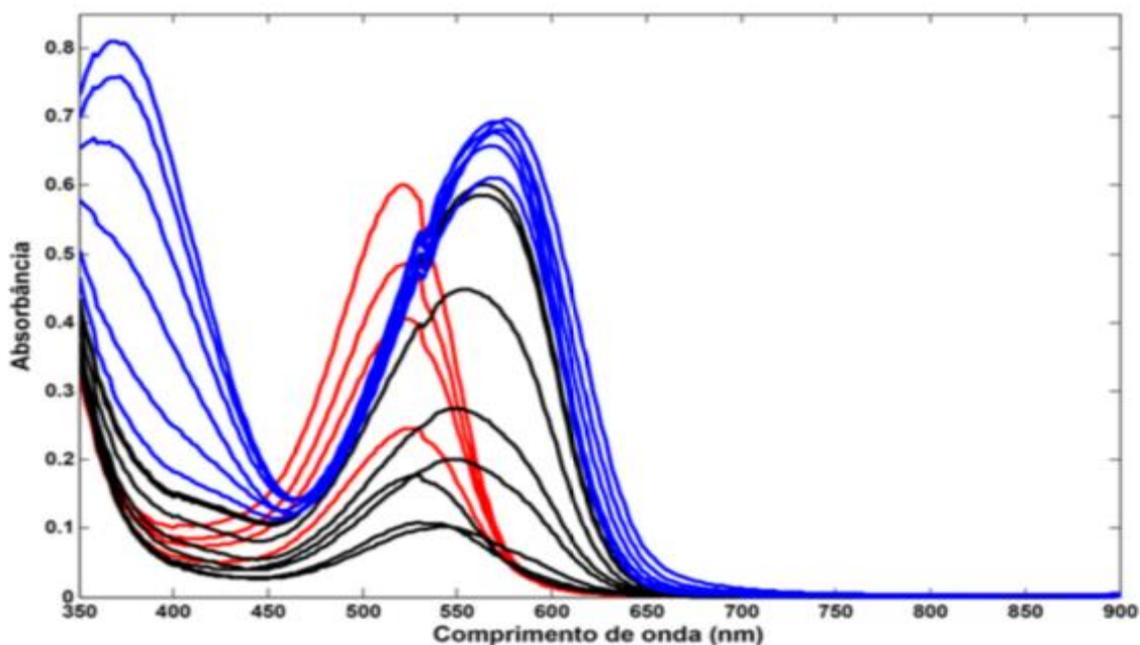
Valderrama, et al. (2015) construíram um gráfico a partir do espectro de absorvância na região do ultravioleta e visível de amostras de extrato de repolho roxo em diferentes pH. Eles dividiram o espectro em três regiões, conforme as faixas de pH representas na Figura 13, obtendo os resultados mostrados na Figura 14.

Figura 13 - Estruturas das espécies predominantes de antocianinas do repolho roxo em função do pH.



Fonte: VALDERRAMA et al. (2015).

Figura 14 - Espectro na região UV-Vis de antocianinas em diferentes pH.



Nota: As linhas em vermelho representam as amostras com pH na faixa de 1,89 a 3,37, as linhas pretas representam a faixa de pH de 3,78 a 7,15 e as linhas azuis representam a faixa de pH de 8,08 a 12,01.

Fonte: VALDERRAMA et al. (2015).

Na Figura 14, as linhas representam a absorvância da amostra em função do comprimento de onda medido. As linhas em vermelho representam as amostras com pH na faixa de 1,89 a 3,37, as linhas pretas representam a faixa de pH de 3,78 a 7,15 e as linhas azuis representam a faixa de pH de 8,08 a 12,01.

As cores complementares, ou seja, aquelas que são refletidas e vistas pelo olho humano, são mostradas na Figura 15, para soluções de extrato de repolho roxo em diferentes faixas de pH. Essas soluções foram preparadas pela adição de soluções diluídas de hidróxido de sódio ou ácido clorídrico ao extrato aquoso. As medidas de pH foram realizadas utilizando um pHmetro Digimed modelo DMPH-2. A imagem foi obtida através de um *smartphone* Motorola G5S Plus, sob luz solar indireta.

Figura 15 - Variação das cores de soluções do extrato de repolho roxo em função do seu pH.



Fonte: o autor.

4 METODOLOGIA

4.1 METODOLOGIA DA PESQUISA

O procedimento metodológico para a aquisição e tratamento de dados teve como característica principal a pesquisa qualitativa, com o viés de pesquisa-ação, por entendermos que ocorreu a interação entre o pesquisador e os participantes. A análise dos dados obtidos ocorreu a partir de um processo indutivo, pois iniciamos com a elaboração e a familiarização com o dispositivo e com a metodologia empregada. Isto impossibilitou o uso de dados anteriores que pudessem ser usados na construção de hipóteses prévias. Não houve preocupação em buscar evidências que comprovassem as hipóteses definidas antes do início dos estudos. As abstrações se formaram ou se consolidaram a partir da inspeção dos dados obtidos. Assim, de modo exploratório, os dados foram obtidos e, a partir deles, é que foram inferidas as hipóteses e as conclusões (CASTILHO; BORGES; PEREIRA, 2014), (KAUAR; MANHÃES; MEDEIROS, 2010).

A pesquisa foi aplicada em dois grupos de alunos do ensino básico, através da elaboração e adaptação de uma sequência didática para o uso de dispositivos medidores de pH chamados de repolhómetro e fotorrepolhómetro respectivamente. Os participantes da pesquisa foram 35 alunos do 9º ano do Ensino Fundamental II do Colégio Adventista de Gravataí e 26 alunos 1º ano do Ensino Médio da Escola Estadual de Ensino Médio Barão do Amazonas, escolas da região metropolitana de Porto Alegre, no ano de 2019 e 2020.

4.2 CONSTRUÇÃO DOS DISPOSITIVOS MEDIDORES DE pH

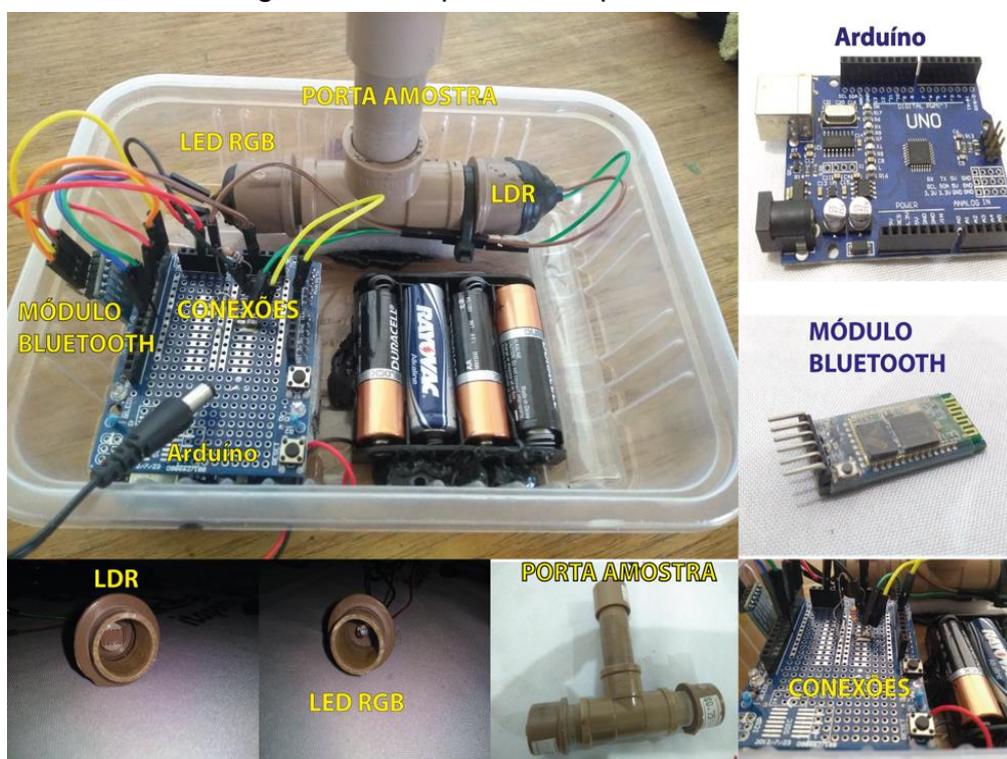
4.2.1 Repolhómetro

É um dispositivo feito a partir de materiais de baixo custo, com o objetivo de medir o pH de substâncias e misturas líquidas, quando misturadas com extrato de repolho roxo em condições pré-definidas. Muitos componentes usados para sua

confeção são encontrados em sucatas de equipamentos eletrônicos e de material de construção.

A primeira versão do aparelho (mostrada na Figura 16) foi feita usando o *Arduino*®, acoplado em uma caixa que o proteja com segurança e permita o seu manuseio com segurança. Para a leitura de dados a conexão pode ser feita diretamente através de um cabo USB (*Universal Serial Bus*) com um notebook, tablete ou PC, ou através do envio de dados via *bluetooth* para os mesmos dispositivos, inclusive *smartphones*.

Figura 16 - Dispositivo Repolhómetro.



Fonte: o autor.

Quanto ao seu funcionamento, basicamente ele é um fotômetro que utiliza um LED (*Light Emission Diode*) RGB como fonte luminosa e um LDR (*Light Dependent Resistor*) como detector de luz. O aparelho detecta o nível de transmitância da luz que passa pela amostra para cada componente do LED RGB. O sinal é normalizado de 0 a 255, que são valores usuais para definir as componentes RGB de uma cor. Utiliza-se uma amostra com um corante preto para ajustar o menor nível, e para ajustar o nível maior (255), se utiliza a amostra sem o indicador. A parte elétrica é conectada a um

Arduino®, uma placa de prototipagem eletrônica, que recebe os sinais elétricos e os transforma em informações digitais. Um programa escrito em linguagem C++ é executado pelo próprio *Arduino®* a partir dos dados fornecidos. Os valores tratados e prontos para o uso são disponibilizados através de uma conexão serial entre o *Arduino* e um notebook ou via *bluetooth* através de um tablete ou *Smatphone*.

No porta amostras foram utilizadas canos e conexões de PVC para água de ½ polegada. A altura dependerá do tamanho do tubo de ensaio, no modelo da Figura 16 usamos um corte de 10 cm. As conexões são bastante intuitivas, pois o *Arduino®* tem descrição em todos os pinos, facilitando o acoplamento dos módulos, LEDS e LDR.

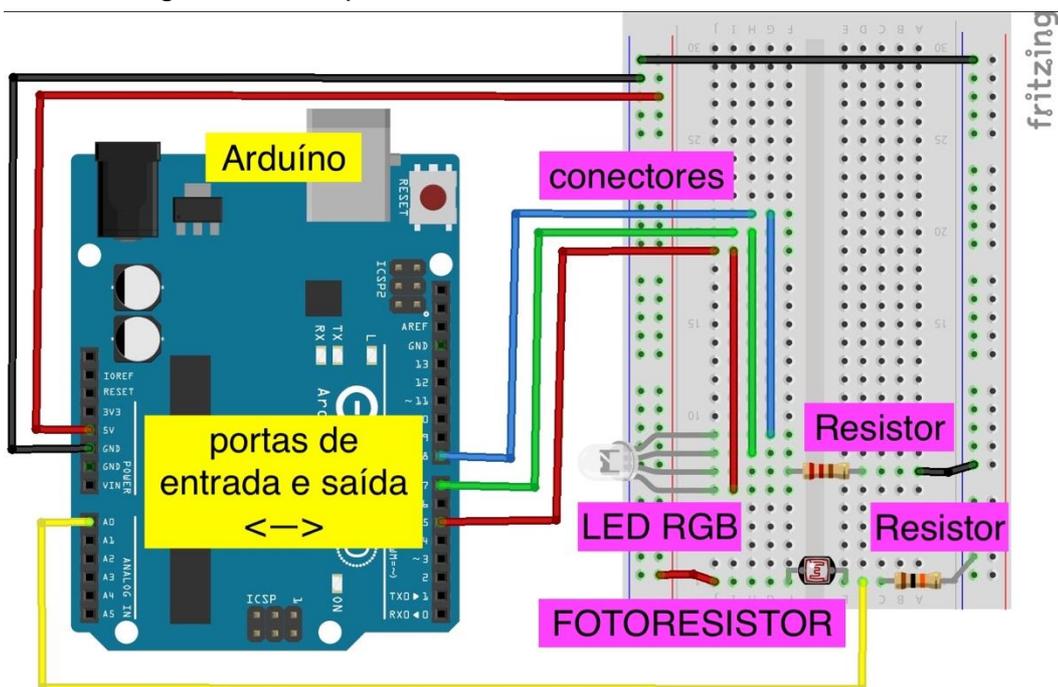
Para a alimentação foi usado um suporte para 4 pilhas, fornecendo para o aparelho uma tensão de 6 V. Mas ele pode ser alimentado pela própria conexão USB, se ligado ao notebook ou a um carregador de celular compatível.

Para a construção do dispositivo foram usados os seguintes materiais, que totalizaram um gasto de aproximadamente R\$ 60,00, em dezembro de 2019, usando materiais novos:

- 1 *Arduino®* UNO Genérico
- 1 LED RGB
- 1 LDR
- 1 modulo *bluetooth* HC 05
- Fios diversos (podem ser usados fios de cabos de rede)
- Cola quente
- 1 suporte para 4 pilhas
- 1 pote plástico que comporte o conjunto
- 2 tampas de ½ polegada para água
- 1 conexão "T" ½ polegada para água
- 1 redutor de ¾ para ½ polegada para água
- 10 cm de cano de água PVC ½ polegada.

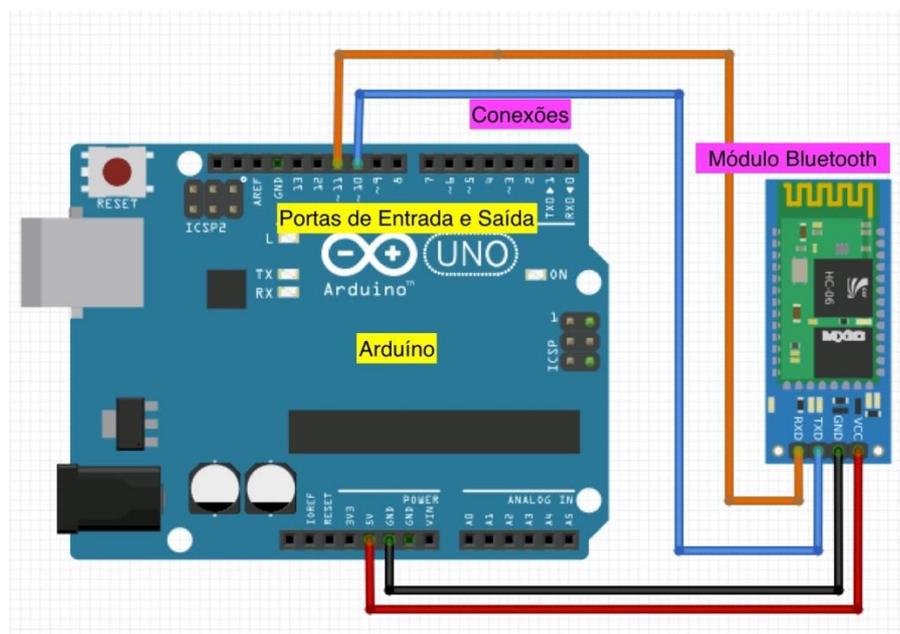
As Figuras 17 e 18 mostram, respectivamente, o esquema das conexões elétricas e a ligação do módulo de *Bluetooth ao Arduino®*.

Figura 17 - Esquema das conexões elétricas ao *Arduino®*.



Fonte: Fritizing.org.

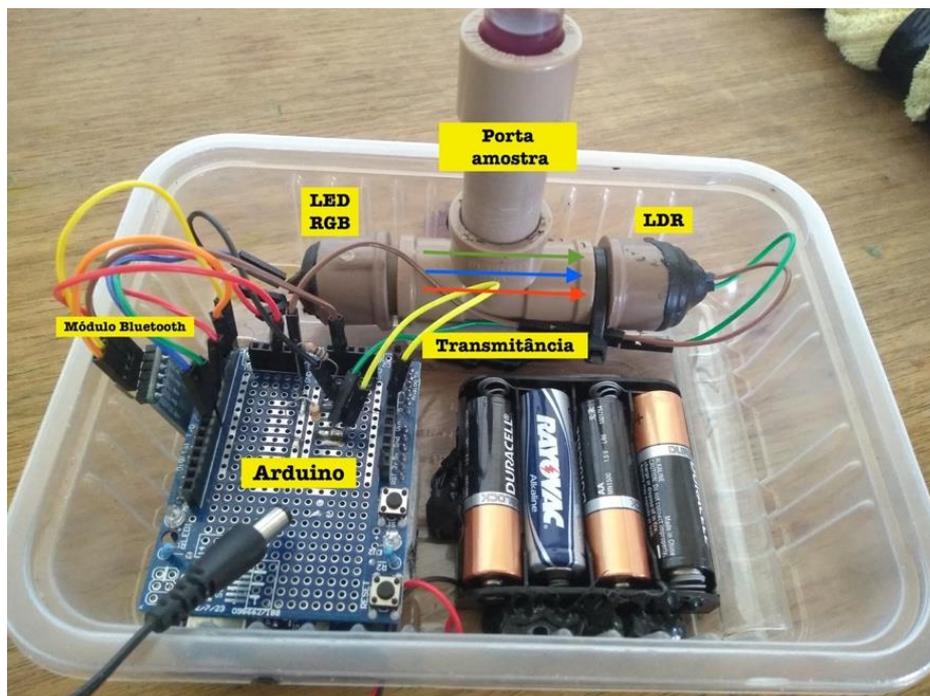
Figura 18 - Ligação do módulo de *bluetooth* ao *Arduino®*.



Fonte: Fritizing.org.

A Figura 19 mostra como fica a montagem da estrutura interna do medidor de pH. A Figura 20 mostra a aparência do equipamento montado.

Figura 19 - Estrutura interna do medidor de pH.



Fonte: o autor.

Figura 20 - Dispositivo confeccionado para medir o pH.



Fonte: o autor.

O *Repolhômetro* utiliza o *Arduino*®, uma plataforma de prototipagem eletrônica de *hardware* livre que utiliza a linguagem C++. É ele que realiza a conversão dos sinais analógicos obtidos em códigos RGB e posteriormente transforma em valores de pH, que são transmitidos via cabo USB ou *bluetooth* para um *notebook*, PC, *smartphone* ou *tablete*.

Para calibração do aparelho, foram medidos os valores de pH de várias soluções em dois aparelhos: o dispositivo da pesquisa e um medidor de pH convencional, aferido e calibrado, da marca Digimed modelo DMPH-2. Os valores obtidos foram submetidos a uma análise de dados através de uma regressão múltipla linear (ferramenta “análise de dados” presente no MS-Excel® e comparados entre si. O *software* fornece parâmetros que permitem relacionar o pH com as componentes RGB da cor de uma solução problema contendo o indicador repolho roxo.

4.2.2. Fotorrepolhômetro

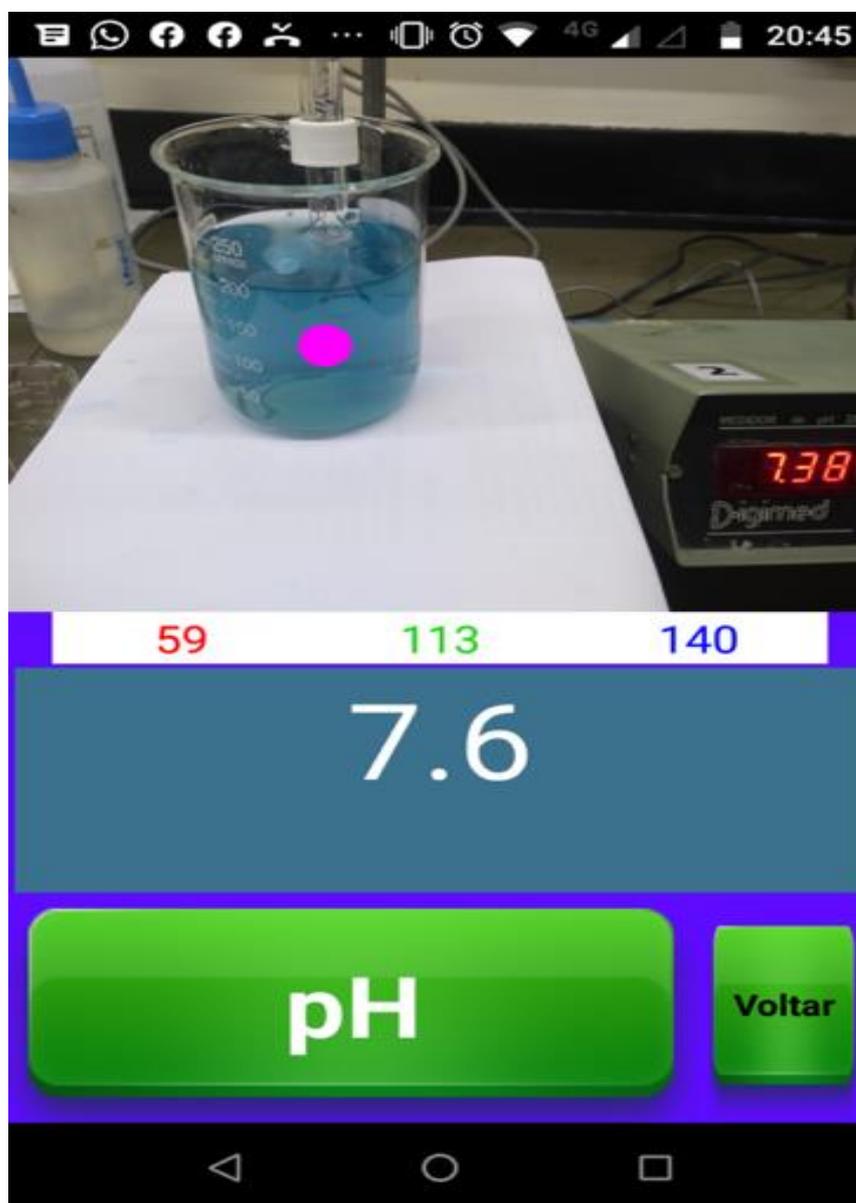
Para que os dados ficassem mais intuitivos aos alunos, decidiu-se criar um aplicativo próprio, usando a plataforma gratuita MIT App Inventor, disponível no sítio <<https://appinventor.mit.edu/>>. Até o presente momento, os aplicativos gerados pela plataforma são compatíveis somente com o sistema operacional *Android*®. A Figura 21 mostra umas das telas do aplicativo criado.

Aproveitando as mudanças no dispositivo original, criamos uma nova versão, na qual o conjunto eletrônico anterior foi substituído pelo próprio *smartphone* responsável pela leitura dos dados. O funcionamento é semelhante ao do repolhômetro, porém os componentes RGB são obtidos através de uma fotografia da amostra, tirada pela própria câmera do *smartphone*.

Para resolver problemas de reprodutibilidade encontrados na versão anterior, as componentes RGB dos dados obtidos foram transformadas em valores HSL, ou seja Matiz, Saturação e Luminosidade. A partir destes dados foi criado um algoritmo (ver no Apêndice A) que, inserido na programação do aplicativo, consegue determinar o pH de uma amostra através de uma simples fotografia. O método tem duas limitações: a luz deve ser branca, de preferência luz solar ou outra fonte compatível e

a solução de repolho roxo deve ser preparada exatamente como disponibilizado no Guia para o Professor, disponível no Apêndice A.

Figura 21 - Imagem da tela do aplicativo efetuando a leitura do pH.



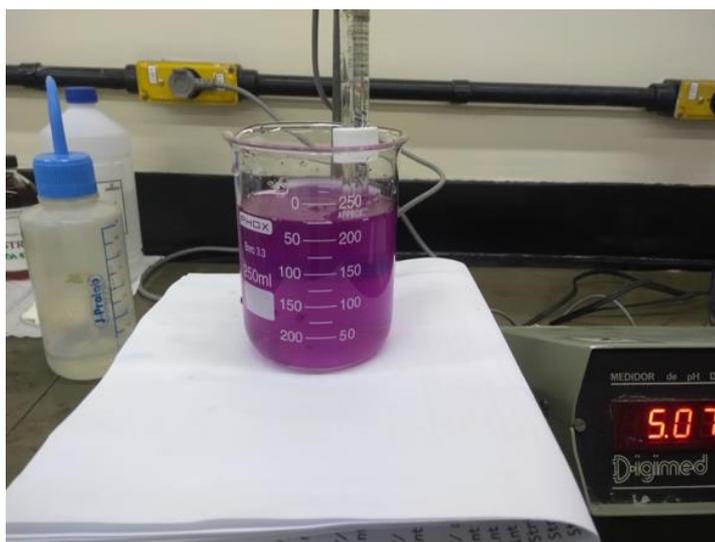
Fonte: o autor.

4.2.3 Calibração

Os pHs de várias soluções foram medidos em dois aparelhos: primeiro, no dispositivo em desenvolvimento e, posteriormente, no medidor de pH convencional,

aferido e calibrado, da marca Digimed modelo DMPH-2 (Figura 22). Os valores obtidos foram submetidos a uma análise de dados através de uma regressão múltipla linear (ferramenta “análise de dados” presente no MS-Excel[®]) e comparados entre si. O *software* fornece parâmetros que permitem relacionar o pH com as componentes RGB da cor de uma solução problema contendo o indicador repolho roxo.

Figura 22 - Padronização do dispositivo.



Fonte: o autor.

Para o fotorrepolhômetro, os dados foram tratados de forma diferente. Uma comparação entre a matiz da cor e o pH foi estabelecida, a qual serviu de base para a criação do algoritmo usado no aplicativo do dispositivo. Para mais detalhes, verificar o Guia do Professor (Apêndice A).

4.2.4 Leitura do pH

Repolhômetro: coloca-se a amostra preparada em um tubo de ensaio e o aparelho envia os dados para o dispositivo conectado com o valor mais próximo de pH (Figura 23). Nesta imagem o aparelho está fora da caixa de proteção para melhor visualização dos seus componentes.

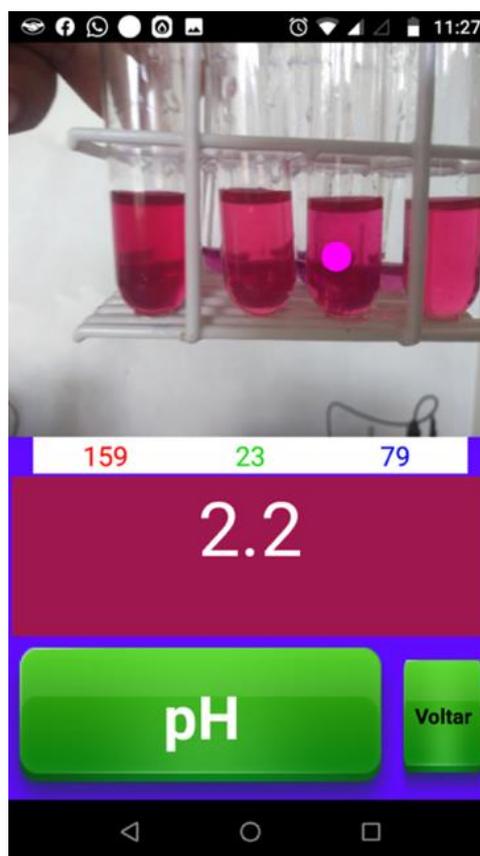
Figura 23 - Análise do pH da amostra utilizando o repolhómetro.



Fonte: o autor.

Fotorrepolhómetro: a amostra preparada é colocada em um copo do tipo “cafezinho”, de cor branca. O aplicativo irá obter uma foto através da câmera do *smartphone*. A região da imagem onde se encontra a amostra é definida e o valor do pH é mostrado na tela (Figura 24).

Figura 24 - Análise do pH feita pelo aplicativo fotorrepolhômetro.



Fonte: o autor.

4.3 SEQUÊNCIA DIDÁTICA

O roteiro da sequência didática está descrito na íntegra no Apêndice A – *Guia para o professor*.

4.3.1 Estrutura

A sequência didática foi dividida em momentos, conforme a descrição abaixo:

- Apresentação de *slides* sobre a história e características dos produtos de higiene e limpeza;
- Aula expositiva, lembrando as propriedades da matéria e introdução conceitual das propriedades químicas acidez e basicidade;

- Construção dos conceitos de indicadores e apresentação do conteúdo sobre pH;
- Atividade prática usando o extrato de repolho roxo e discussão dos resultados;
- Atividade investigativa: Os alunos devem propor um método para diferenciar 3 (três) produtos de limpeza utilizando os conceitos vistos nos momentos anteriores e também o dispositivo apresentado;
- Avaliação dos Alunos: Instrumento para avaliação individual de cada aluno e é de interesse principal do professor titular da turma;
- Avaliação qualitativa da sequência didática: Aplicação de um questionário;
- Guia para o professor: Um guia contendo o plano de aula sugestivo e o manual de confecção e utilização dos dispositivos medidores de pH.

4.3.2 Aplicação

A sequência didática foi aplicada em dois locais distintos. A primeira foi no Colégio Adventista de Gravataí, em outubro de 2019, com a participação de 35 alunos do 9º ano do Ensino Fundamental II, sendo utilizadas 3 horas/aula em um mesmo dia. Nesta escola, o dispositivo utilizado para medir o pH das amostras foi o Repolhómetro. Utilizamos a sala de aula para apresentação e discussão de *slides* e o Laboratório de Matemática da escola para a parte experimental e investigativa.

No segundo momento, a sequência didática foi aplicada em janeiro de 2020, na Escola Estadual de Ensino Médio Barão do Amazonas. Foi utilizado o fotorrepolhómetro como dispositivo medidor de pH. Ao todo, participaram 26 alunos do 1º ano do Ensino Médio da pertencentes à turma de 2019. Utilizamos a sala de aula para apresentação e discussão de *slides* e o saguão da escola (Figura 25) para a parte experimental e investigativa. Para estas atividades foram utilizadas 5 horas/aula.

Figura 25 - Atividade experimental feita no saguão da escola.



Fonte: o autor.

4.3.3 Uso dos dispositivos

Na Escola Adventista de Gravataí, onde o Repolhômetro foi aplicado, a utilização do dispositivo aconteceu de forma compartilhada, ou seja, a turma foi dividida em seis grupos de alunos, cada grupo recebeu 1 *kit* com as soluções e as instruções da aula com as tabelas para o preenchimento dos valores obtidos (Figura 26). Para realização das análises, um representante do grupo se dirigia até o dispositivo e utilizava o telefone do professor para a aquisição dos dados, que acontecia via *bluetooth*.

De forma semelhante, na segunda escola a turma foi dividida em seis grupos de alunos. Cada grupo recebeu, 1 *kit* com as soluções, as instruções da aula e as tabelas para o preenchimento dos valores obtidos (Figura 27). Entretanto, para realização das análises, todos os integrantes do grupo tiveram acesso ao aplicativo *Fotorrepolhometro*, disponibilizado no grupo de *WhatsApp* da turma. Para aqueles que não tinham acesso a internet, o aplicativo foi enviado através de compartilhamento de dados entre os colegas e também via conexão por *Bluetooth*.

Figura 26 - Uso do kit de soluções na Escola Adventista de Gravataí.



Fonte: O autor

Figura 27 - Alunos usando o fotorrepolhômetro para verificação do pH na Escola Barão do Amazonas.



Fonte: O autor.

4.3.4 Avaliação da aprendizagem

Nesta pesquisa, as duas atividades foram avaliadas com base na participação dos alunos, no correto preenchimento das atividades solicitadas no roteiro de atividades e na conclusão da tarefa solicitada pela atividade investigativa. Para correção dos exercícios, ao final de cada etapa, a turma era convocada para compartilhar as suas respostas até que todos chegassem a um consenso.

Os resultados obtidos foram repassados ao professor titular de cada turma para que o mesmo também pudesse utilizar esses dados na composição de sua avaliação.

4.3.5 Avaliação da metodologia e do dispositivo educacional

A metodologia foi avaliada de forma qualitativa através do diário de campo. Foram observados os seguintes itens a nível de pequeno grupo e individual:

- a) Interesse e participação;
- b) Capacidade de trabalhar com as soluções;
- c) Análise dos resultados obtidos;
- d) Conclusão do grupo sobre o experimento;
- e) Contextualizações;
- f) Manuseio dos recursos tecnológicos;

De forma complementar, um questionário (Apêndice B) foi aplicado aos alunos a fim de estimar, qualitativamente, o grau de concordância ou discordância em relação aos métodos e dispositivos utilizados no processo de aprendizagem a que foram submetidos, para tanto foi utilizado uma escala do tipo *Likert*, por ser a mais utilizada dentre as várias existentes (BERMUDES et al., 2016). Os valores adotados foram -2, -1, 0, 1, 2 para as seguintes respostas respectivamente: não concordo totalmente, não concordo, neutro, concordo, concordo totalmente.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dispositivos elaborados foram utilizados em duas escolas distintas e inseridos dentro de uma sequência didática. Através das orientações dadas pelo professor pesquisador os alunos conseguiram medir o pH de diversas soluções problema de produtos de higiene e limpeza.

Nas próximas seções serão apresentadas e discutidas as etapas fundamentais para realização desta pesquisa.

5.1 SOLUÇÃO INDICADORA DE REPOLHO ROXO

A solução de antocianinas do repolho roxo, obtida pelo processo indicado no Apêndice A, foi utilizada nos dois dispositivos para a determinação do pH. O rendimento foi de aproximadamente 100%, ou seja, para cada 100 g de repolho roxo se obteve 100 g de extrato aquoso. Ela foi usada durante 1 mês sem apresentar mudanças significativas em seu aspecto, cor e odor. Os resultados obtidos no dispositivo, usando a mesma solução em momentos distintos e dentro do período citado, mantiveram-se sempre iguais, entretanto, ao ficar exposta sob luz solar, a cor violeta desapareceu gradualmente, passando da cor característica para a cor marrom, logo, deixando as cores das amostras menos intensas. Desta forma, o armazenamento desta solução ao abrigo da luz é fundamental para manter as suas propriedades. Sugerimos preparar uma quantidade de extrato suficiente para uma semana de testes, mantendo-o na geladeira e ao abrigo da luz.

A solução de antocianinas, obtida através do extrato de repolho roxo, é naturalmente ácida, com pH próximo a 5. Como a proporção de extrato usado é grande em relação à amostra, este pH pode influir no pH final da mistura. Desta forma, se a solução não fosse neutralizada previamente, o pH da amostra seria alterado, fornecendo um resultado errôneo. O hidróxido de sódio foi a base mais adequada devido a sua fácil aquisição e baixo custo. Não usamos bicarbonato de sódio, pois a presença de dióxido de carbono resultante da neutralização gera uma solução com pH instável, ou seja, à medida que o CO_2 se desprende, o pH do indicador tende a aumentar.

5.2 PREPARO DAS AMOSTRAS PARA ANÁLISE

As soluções submetidas a análise devem apresentar uma coloração adequada em toda a faixa de pH, para que o aparelho possa fazer a leitura com o menor erro possível. Constatamos, experimentalmente, que a melhor solução foi aquela obtida pela mistura de 1 parte de extrato de repolho roxo com 10 partes de amostra de produto. Diluições maiores dificultam a visualização das cores pelos dispositivos e diluições menores reduzem a precisão dos dispositivos devido à menor passagem de luz causada pela elevada saturação das cores.

5.3 AQUISIÇÃO DE DADOS

A característica fundamental dos dispositivos propostos é que eles são projetados para relacionar as cores das soluções de antocianinas com o seu respectivo valor de pH, em condições que podem ser replicadas pelo professor em qualquer tipo de espaço, sem o uso de equipamentos extras ou energia da rede elétrica, por exemplo. Os aparelhos fazem a leitura da cor através da sua digitalização. O resultado é mostrado na forma de uma componente, R (red), G (green) e B (blue). A Tabela 1 mostra a relação entre as cores de amostras com pH conhecido e suas componentes RGB, obtidas pelo repolhómetro.

Com os dados da Tabela 1 foi feita uma regressão linear de múltiplas variáveis, da qual foi gerado o seguinte algoritmo:

$$pH = 4,07 - (RED \times 0,0136) + (GREEN \times 0,0597) - (BLUE \times 0,040) \quad (6)$$

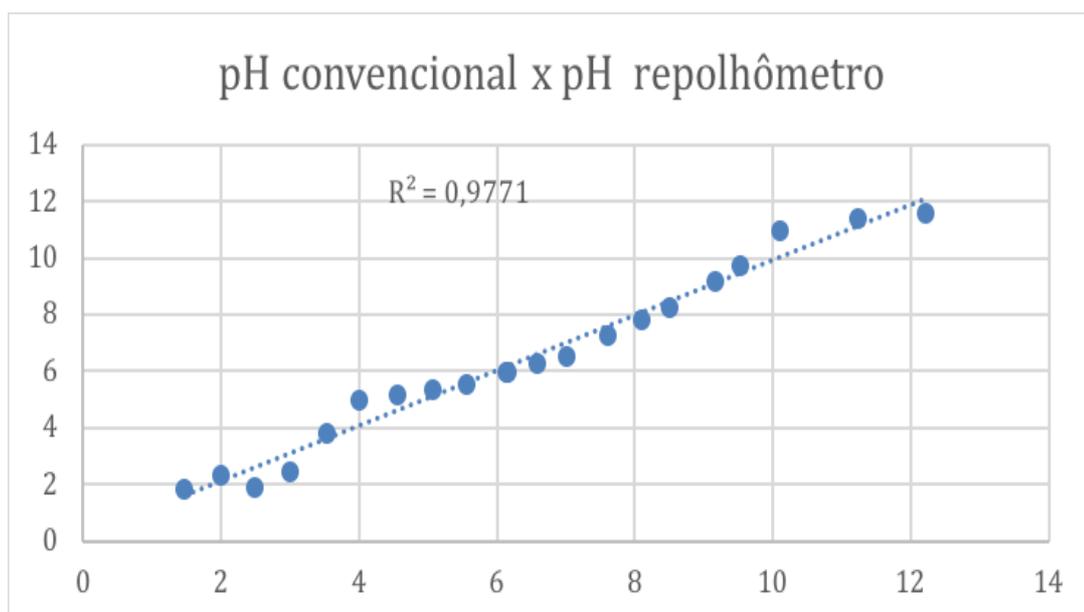
Sendo que, RED, GREEN e BLUE correspondem às componentes da cor da amostra analisada. Este algoritmo foi introduzido na programação dos dispositivos, que, através da leitura digital de uma cor, retornam o valor de pH de forma praticamente instantânea. A Figura 28 mostra os valores de pH medidos com um pHmetro calibrado e os valores medidos com o dispositivo, sob a forma de um gráfico, no qual se pode verificar que seu comportamento pode ser considerado aproximadamente linear.

Tabela 1 - Cores do extrato de repolho roxo em função de seu pH obtidas com o repolhometro e expressas em R, G e B.

pH	RED	GREEN	BLUE
1,5	237	56	59
2,0	235	61	55
2,5	237	75	86
3,0	228	114	133
3,5	236	171	181
4,0	233	204	202
4,6	230	212	210
5,1	229	217	213
5,6	226	221	215
6,1	212	223	212
6,2	217	222	210
6,6	194	224	212
7,0	180	227	216
7,6	134	226	211
8,1	114	226	204
8,5	105	225	195
9,2	98	224	172
9,5	91	224	161
10,1	92	227	135
11,2	123	229	117
12,2	206	235	93

Fonte: o autor.

Figura 28 - Correlação entre os valores de pH padrão e os valores experimentais.



Fonte: o autor.

Apesar do gráfico da Figura 28 mostrar uma correlação alta entre os valores esperados e os valores obtidos, dependendo da zona de pH, como abaixo de 5 e acima de 9, os valores apresentavam uma grande discrepância.

Observou-se que o repolhómetro apresentava erros consideráveis nas medidas de RGB quando a amostra sofria pequenas variações, como luminosidade (causada provavelmente pelos defeitos na confecção do aparelho), concentração de antocianinas, uso de extratos de repolho roxo de lotes diferentes, tempo de exposição a luz, etc. O fotorrepolhómetro surgiu da necessidade de se obter um dispositivo para ser usado em sala de aula e que, apesar de ser simples, fosse confiável mesmo quando submetido ao menor controle possível dessas variáveis.

Observando novamente a Figura 28, percebemos que as maiores variações ocorrem justamente onde há mudanças nas cores da solução de antocianinas do repolho roxo. Desta forma, percebemos que um outro tipo de relação entre a cor da solução e o pH deve ser estabelecido.

No caso do fotorrepolhómetro, optamos em trabalhar com um padrão derivado do RGB que é o HSL (matiz, saturação da cor e luminosidade). A conversão é feita pelo próprio *software* através do uso de um algoritmo adequado. Para reduzir os erros causados pela diferença de luminosidade e pela concentração do repolho roxo, utilizamos somente a componente H, ou seja, a matiz de cor. A Tabela 2 mostra a resultante da média entre medidas feitas sob diferentes luminosidades e concentrações de antocianinas. Um ajuste matemático foi feito para que a escala começasse com a cor vermelha (H vai de 0 a 360).

Tabela 2 - Relação entre o pH de uma amostra com a componente H (matiz).

pH	H médio
0,0	360
1,0	354
2,0	347
2,5	340
3,0	332
3,5	323
4,0	316
4,5	308
5,0	301
5,5	294
6,0	278
6,5	262
7,0	237
7,5	212
8,0	188
8,5	163
9,0	150
9,5	137
10,0	133
10,5	129
11,0	105
11,5	81
12,0	40

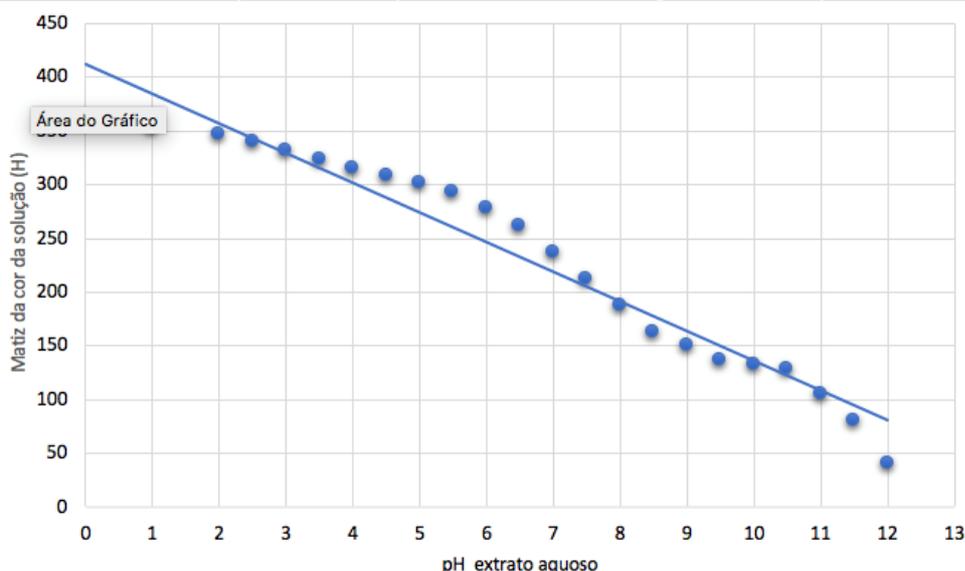
Fonte: o autor.

O comportamento entre os valores de Matiz de cor e o pH não é linear para todos os pontos de pH (Figura 29). Na região onde há a viragem das cores, o valor do matiz se altera mais intensamente do que os valores de pH, exatamente onde há a mudança nas formas estruturais dos compostos derivados das antocianinas em função do pH. Desta forma, ao invés de procurarmos uma relação matemática entre os valores que representam a cor e o pH da solução, optamos em fazer a calibração do dispositivo através de uma comparação entre a representação numérica da cor da solução, representada pela Matiz (H) e o pH da solução analisada. A lógica da programação, de forma bem simples, ficou assim:

Se o valor de $H > 340$, então o pH é < 2
 Se o valor de $H > 323$ e $H < 340$, então o pH é 3
 Se o valor de $H > 308$ e $H < 323$, então o pH é 4
 Se o valor de $H > 294$ e $H < 308$, então o pH é 5
 Se o valor de $H > 262$ e $H < 294$, então o pH é 6
 Se o valor de $H > 212$ e $H < 262$, então o pH é 7
 Se o valor de $H > 163$ e $H < 212$ então o pH é 8
 Se o valor de $H > 137$ e $H < 163$, então o pH é 9
 Se o valor de $H > 129$ e $H < 137$, então o pH é 10
 Se o valor de $H > 81$ e $H < 129$, então o pH é 11
 Se o valor de $H > 20$ e $H < 81$, então o $pH > 12$

A Figura 29 mostra o gráfico obtido para a variação de cor (H) do extrato aquoso do repolho roxo em função do seu pH.

Figura 29 - Representação gráfica obtida a partir da variação do matiz de cor (H) do extrato aquoso do repolho roxo em função do seu pH.



Observa-se que no intervalo entre pH 4 e 6 e acima do pH 11 a relação entre pH e H não é linear.

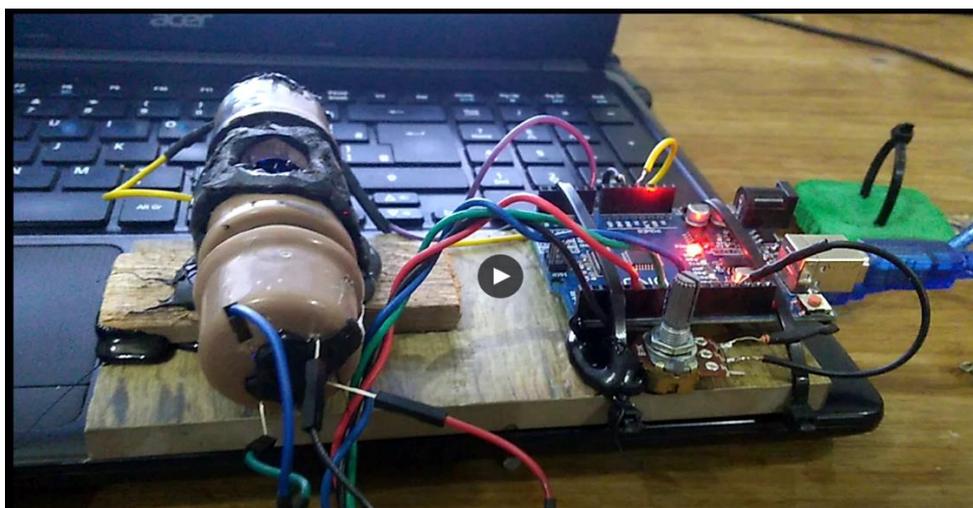
Fonte: o autor

5.4 APLICATIVOS

Uma parte fundamental para o funcionamento dos medidores de pH foi a escolha da interface responsável pela leitura e interpretação dos dados obtidos. A primeira versão utilizou o próprio *Arduino*[®] conectado a um notebook através de um

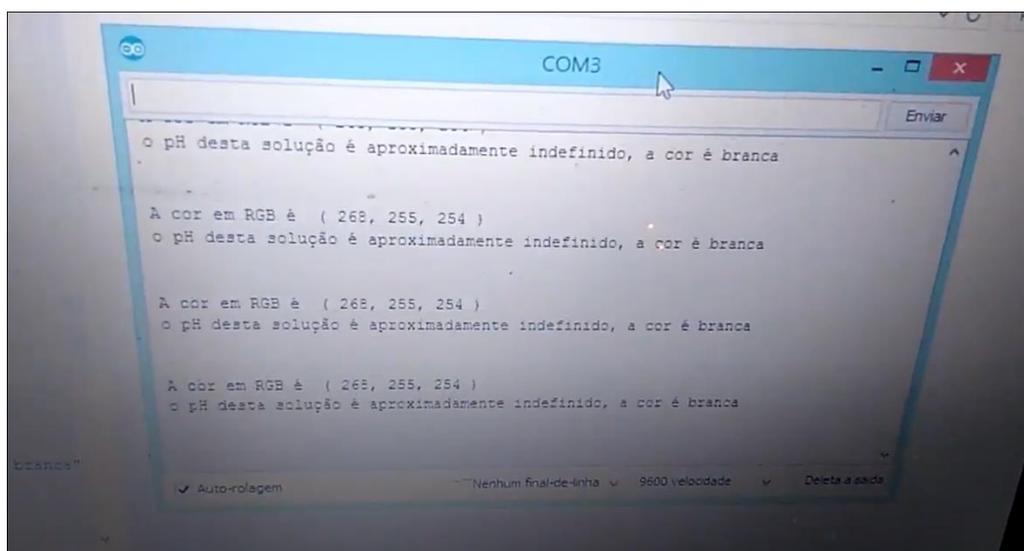
cabo USB (*Universal Serial Bus*). Neste tipo de conexão a leitura era feita em intervalos regulares de tempo e enviadas imediatamente para o leitor serial. Os dados eram analisados no *hardware* do próprio *Arduíno*[®] (Figuras 30 e 31).

Figura 30 - Primeira versão do repolhometro com conexão via USB com o notebook.



Fonte: O autor.

Figura 31 - Cópia da tela do notebook que mostra a recepção de dados através de uma comunicação serial.



Fonte: O autor.

Entretanto a coleta de dados necessitava de um notebook por aluno ou para cada pequeno grupo de alunos, inviabilizando, assim, a realização de tarefas

individuais em escolas com poucos recursos. Desta forma, o professor teria que optar pela realização de atividades demonstrativas com este dispositivo.

Na segunda versão do repolhometro, foi adaptado um transmissor via *bluetooth*, eliminando assim, o uso de cabos. Neste momento os dados passaram a ser recebidos também pelos celulares através de *app* de terceiros, receptores de dados seriais.

A última versão do repolhometro substituiu o dispositivo baseado no *arduíno*[®] pelo *smartphone* do próprio aluno. Desta forma, foi possível que cada aluno, ou um pequeno grupo, tivesse em mãos o seu próprio dispositivo capaz de medir o pH de amostras em uma aula prática.

Para a aquisição individual dos dados foi necessário o desenvolvimento de um aplicativo próprio, de fácil instalação e uso nos *smartphones* dos alunos. Isso foi obtido através da plataforma de confecção de app para Android do MIT. O aplicativo criado foi utilizado como interface nos dois dispositivos. A tela principal do aplicativo é mostrada na Figura 33. O aplicativo está disponível para *download* gratuito através do *link* gerado pelo seguinte *QR-Code* (Figura 32):

Figura 32 - *QR-Code* para *download* do app.



Gerado por <<https://br.qr-code-generator.com>> acesso em novembro de 2020.

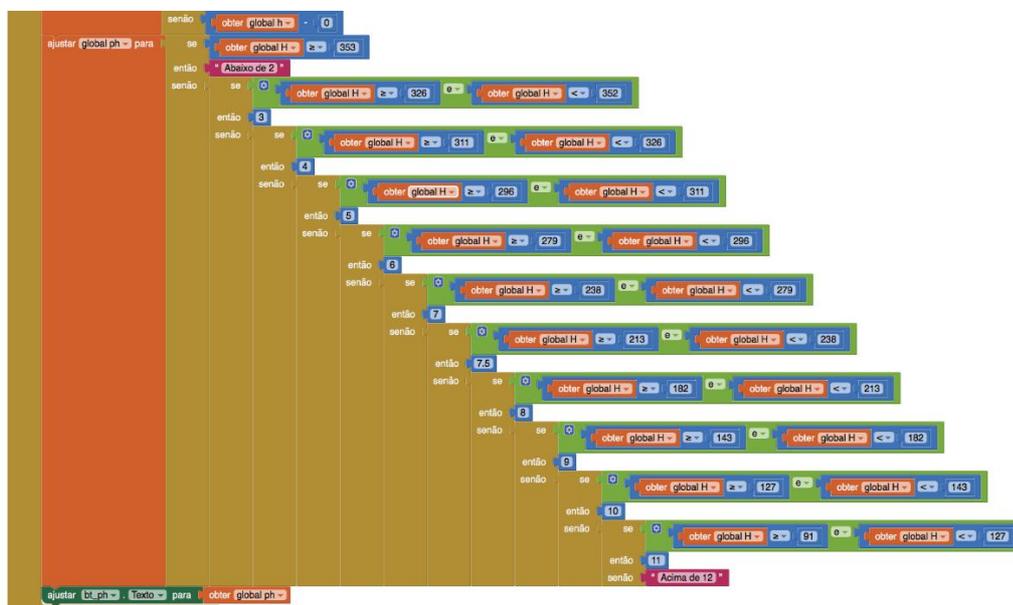
O método para construção do aplicativo é bastante intuitivo e também existem diversos tutoriais disponíveis no próprio sítio, contendo exemplos de códigos para aplicação. A Figura 34 apresenta parte do código utilizado para calcular o pH.

Figura 33 - Tela principal do aplicativo desenvolvido para os dispositivos.



Fonte: o autor.

Figura 34 - Parte do código utilizado na construção do app Fotorrepolhometro.



Fonte: O autor.

O processo de construção e utilização do aplicativo se encontra no Guia do Professor, no Apêndice A.

5.5 AVALIAÇÃO DOS ALUNOS

A participação nas atividades propostas e o preenchimento do roteiro da aula prática serviram como instrumento de avaliação dos alunos. Na medida em que as atividades eram feitas, o pesquisador verificou, individualmente, o desenvolvimento das tarefas pelos alunos. Aqueles que não conseguiam acompanhar eram auxiliados pelos colegas do grupo ou pelo próprio professor na conclusão do exercício. A cada etapa concluída, os alunos comentavam e discutiam as respostas entre si. A diferença entre os valores de pH encontrados foi a principal causa de discussão entre os alunos. Neste momento, através da intervenção do pesquisador, os alunos foram induzidos a refazerem as medidas e descobriram, por conta própria, onde haviam errado ou acertado.

Em relação à atividade investigativa, a maioria conseguiu diferenciar os produtos de limpeza através da medida do pH feita nos dispositivos, chegando à conclusão que a diferença entre um produto e outro é o pH. Conseguiram associar, também, que os produtos com pH maiores ou menores do que 7 são produtos que requerem cuidados especiais no manuseio, como o desengraxante e o limpador pós-obra. Em contrapartida, o detergente neutro, usado diretamente nas mãos e que não requer cuidados especiais, tem pH próximo de 7.

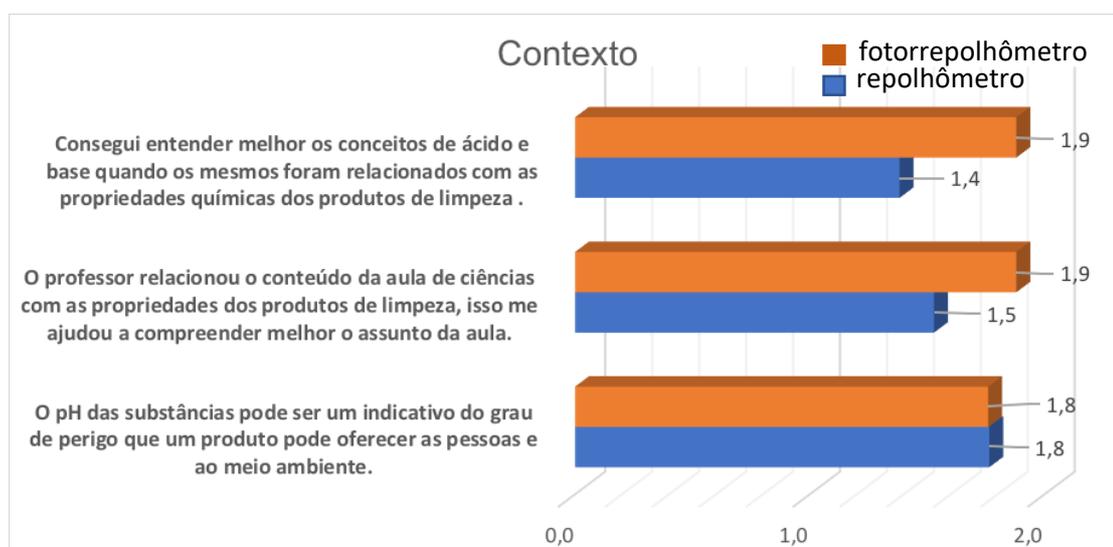
Realizar a atividade experimental no pátio da escola foi uma experiência positiva, pois os alunos se sentiram mais livres para troca de informações sobre os resultados obtidos e não houve a necessidade de usar os equipamentos e materiais que normalmente são usados em sala de aula. Isto indica que o dispositivo poderia ser usado fora da escola, em ambientes não formais de ensino, como sedes sociais, praças, museus, igrejas, etc.

5.6 PERSPECTIVA DOS ALUNOS

O questionário elaborado para colher a opinião dos alunos se encontra no Apêndice B. As perguntas foram divididas de acordo com os assuntos de interesse da pesquisa e seus resultados são apresentadas nos gráficos das Figuras 34, 35, 36 e 37. Foi utilizada uma escala do tipo Likert, na qual os valores atribuídos às respostas foram: não concordo totalmente (-2), não concordo (-1), neutro (0), concordo (1), concordo totalmente (+2). Os gráficos representam o valor médio das respostas para cada turma. Uma alta pontuação pode indicar que os alunos concordam com a afirmação dada. Da mesma forma, pontuações variáveis, podem indicar tendências divergentes em alguns assuntos.

Através destas respostas, embora numéricas, procuramos analisar de forma qualitativa alguns aspectos e percepções dos alunos em relação à sequência didática que foi utilizada. Nas Figuras 34, 35, 36 e 37, as barras em azul representam a opinião dos alunos que utilizaram a sequência didática com o repolhómetro como dispositivo e as barras laranja referem-se aos que usaram a sequência didática com o fotorrepolhómetro.

Figura 35 - Avaliação da sequência didática de acordo com o contexto.



Fonte: o autor.

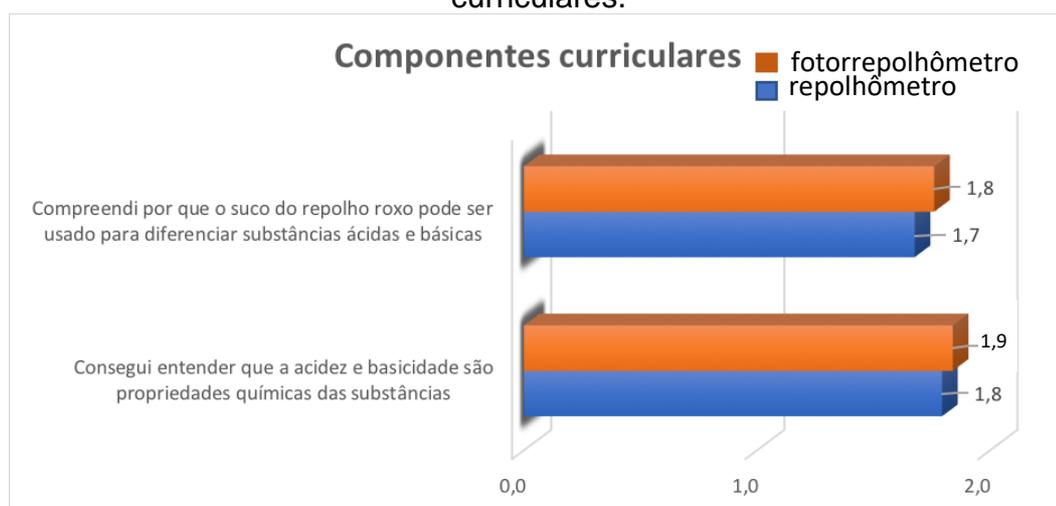
O gráfico apresentado na Figura 35 demonstra, através da comparação entre as barras de valores, que no primeiro momento os conceitos ácido e base foram

entendidos quando associados com a temática produtos de limpeza, entretanto, a turma que utilizou o fotorrepolhômetro teve maior grau de concordância. O que foi confirmado no segundo conjunto de barras, quando o professor relacionou o conteúdo da aula de ciências com as propriedades dos produtos de limpeza. O último conjunto de barras, localizado na porção inferior, mostra nitidamente, que ambas as turmas, que trabalharam com a mesma temática, mas com dispositivos diferentes, concordam igualmente e em grande número que o pH das soluções pode ser um indicativo do grau de periculosidade de um produto de limpeza.

Estes resultados vêm ao encontro das ideias de Braibante e Pazinato (2014), que ressaltam a importância do uso das temáticas na contextualização do ensino de química e evidenciam a necessidade de avançar para uma contextualização mais problematizadora e condizente com o verdadeiro significado de contextualizar. Desta forma, acreditamos que manuseio do dispositivo em sala de aula tornou o experimento “mais verdadeiro”, ou seja, algo possível e reproduzível na realidade dos alunos, ao contrário daquele que foi somente apresentado pelo professor.

Observando os gráficos da Figura 36, percebe-se que a maioria dos alunos compreendeu os conceitos de indicadores naturais e os conceitos fundamentais de acidez e basicidade.

Figura 36 - Avaliação da sequência didática de acordo com os componentes curriculares.



Fonte: o autor.

Durante as atividades práticas, os alunos se familiarizaram bem com o indicador de repolho roxo e suas mudanças de cor de acordo com as amostras disponibilizadas para testes. Os dispositivos não tiveram muito significado nesta etapa, pois a mudança visual das cores das soluções era a parte mais interessante aos alunos. Na turma do fotorrepolhômetro, antes mesmo de fazer a análise de pH, alguns alunos já conseguiam dizer se a solução era ácida ou básica, baseando-se apenas na tabela de aula e nas tarefas feitas anteriormente.

O Gráfico mostrado na Figura 37 demonstra que o fotorrepolhômetro apresentou melhores resultados no entendimento das etapas necessárias a resolução da situação problema.

Figura 37 - Retorno dos alunos em relação à sequência didática de acordo com a resolução de problemas.



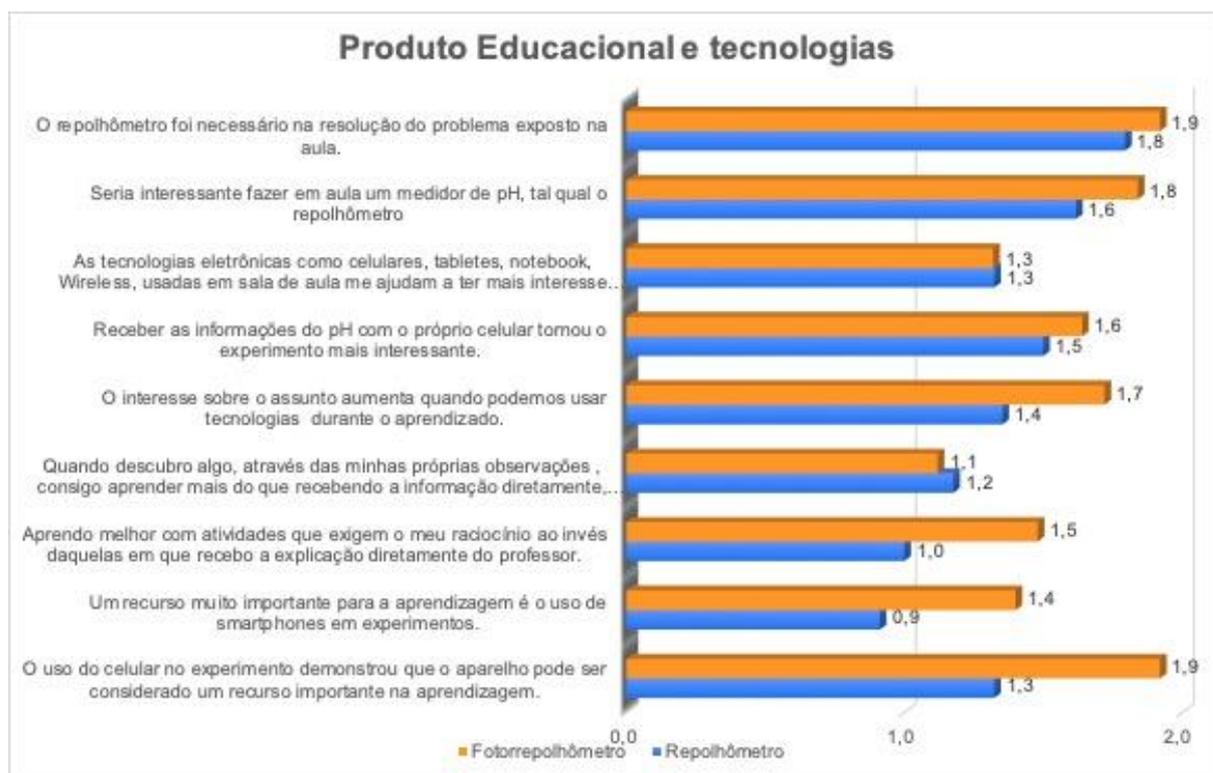
Fonte: o autor.

Destacamos nesta etapa o interesse dos alunos pelo Fotorrepolhômetro. No primeiro, a medição é indireta, o aluno só coleta dados e analisa, no segundo, o

fotorrepolhometro, o aluno participa mais ativamente, preparando a amostra, fazendo a medição, coletando e comparando os dados. Este comportamento demonstra que a metodologia que emprega os dispositivos causou maior curiosidade e interesse, despertando a vontade natural de aprender do aluno e desta forma direcionando-os à aprendizagem escolar. Segundo Rosso et al. (1992), o processo é característico de uma metodologia ativa de ensino, na qual ocorre interação dinâmica do indivíduo com os objetos como fatos, dados, problemas e meio social em experiências significativas.

O gráfico mostrado na Figura 38 apresenta as reações observadas nas turmas em relação aos dispositivos tecnológicos e a maneira pelo qual eles foram aplicados.

Figura 38 - Retorno dos alunos em relação a sequência didática de acordo com o uso de tecnologias em sala de aula.



Fonte: o autor.

Observando-se os parâmetros apresentados no gráfico da Figura 38, as maiores pontuações foram vistas na turma que utilizou o fotorrepolhometro como dispositivo. Ou seja, a turma que utilizou o seu celular como medidor de pH respondeu mais positivamente aos itens avaliados do que aquela que utilizou um dispositivo

eletrônico de uso compartilhado como o repolhometro, entretanto, um grande número de alunos não concorda que estes mesmos dispositivos tecnológicos, tal qual os celulares, possam contribuir para o seu aprendizado.

Percebemos, através das respostas acima, que muitos alunos acreditam que não conseguem aprender sozinhos, com suas próprias observações, entretanto quando a mesma pergunta foi feita de maneira diferente, citando por exemplo o próprio raciocínio do aluno, a turma que utilizou o fotorrepolhometro apresentou uma pontuação mais alta, da qual deduzimos que a utilização deste dispositivo melhorou o raciocínio do aluno e contribuiu para a realização das atividades propostas. Isto poderia explicar as menores pontuações observadas nas perguntas relacionadas ao produto educacional e às tecnologias em relação a este último dispositivo. Uma parte considerável dos alunos, nas duas turmas, considera que o uso de celulares e *tabletes* não melhora a sua aprendizagem. Talvez eles vejam estes aparelhos somente como uma fonte de dados e entretenimento e não como uma ferramenta para obter seus próprios resultados.

Diante destas observações, verifica-se que as TDIC, mais especificamente o celular, apresentam um comportamento ambíguo para os alunos; em um momento elas contribuem para aprendizado, fazendo com que o aluno participe das atividades práticas de forma mais ativa, mas, em outro, as atividades com estes dispositivos ficam restritas ao lazer e diversão.

Este cenário é semelhante aquele encontrado por Araújo et al. (2020) em sua pesquisa sobre a visão do aluno em relação ao uso do celular como ferramenta de ensino. 92% dos alunos do 9º ano de uma escola pública do interior do Mato Grosso possuíam celular e o usavam pelo menos 6 h diárias para as mais variadas tarefas. A maioria dos alunos usava os celulares principalmente em aplicativos de redes sociais, entretanto alguns acreditavam que o celular poderia ser para fins acadêmicos, como no acesso de aplicativos de busca como o *Google* ou no pacote *office* da Microsoft, porém o seu uso em sala de aula era reprimido pela escola ou por alguns dos professores.

De fato, percebe-se que a resposta dos alunos participantes de ambas as pesquisas reflete, de uma maneira geral, o pensamento dos adolescentes. Para ambos, o celular tem uma importância fundamental em seu cotidiano, como foi observado na preferência pelo fotorrepolhometro (*smartphone*) ao invés do

repolhometro (notebook do professor). Infelizmente, toda a tecnologia que estes dispositivos dispõem não são devidamente aproveitadas em sala de aula. Como a realidade do aluno é de não usar o celular em sala de aula, possivelmente, ele continue acreditando que o aparelho realmente não seja capaz de contribuir com sua aprendizagem.

5.7 PRODUTO EDUCACIONAL E SEQUÊNCIA DIDÁTICA

O produto educacional proposto está descrito no apêndice A - Guia do Professor e é constituído por um roteiro técnico e teórico sobre a utilização dos dispositivos no ensino dos conceitos ácido, base e pH a partir de uma sequência didática.

O produto foi aplicado pelo pesquisador sob a supervisão e ajuda dos professores titulares das turmas envolvidas. Nas duas turmas, a maioria dos alunos demonstrou interesse na realização dos processos práticos envolvidos, como a coleta de soluções e a mistura do extrato de repolho roxo com a solução problema, entretanto alguns momentos deixaram os alunos bastante entusiasmados. O primeiro momento foi quando eles observaram as mudanças da cor do extrato de repolho roxo ao se misturar com diversas soluções problema. Os alunos ficaram encantados com as diferentes cores obtidas a partir do extrato de uma simples hortaliça. O segundo momento foi com a leitura do pH da solução elaborada por eles, através do próprio celular do aluno. Finalmente, o momento que causou maior satisfação, tanto dos alunos quanto do professor, foi com a resolução do problema proposto na sequência didática. Alguns alunos comentaram que se sentiram como o Sherlock Holmes e outros que se sentiam como membros do seriado *CSI (Crime Scene Investigation)*.

Através do questionário que foi disponibilizado aos alunos, verificou-se que ambas as turmas concordaram, em sua maioria, que os dispositivos foram fundamentais na resolução da atividade investigativa, entretanto, somente a turma que utilizou o celular (Fotorrepolhometro) teve alto grau de concordância na afirmação que este dispositivo poderia contribuir na aprendizagem em sala de aula.

Todos estes fatos, segundo Santos (2007), demonstram que a participação ativa do aluno nos processos de aprendizagem, além de serem gratificantes, também

contribuem para a construção do seu conhecimento científico. De um modo geral, a maioria dos alunos conseguiu realizar as tarefas com atenção e comprometimento, conseguindo, no final da atividade, concluir a tarefa investigativa.

6 CONCLUSÃO

Ao final deste trabalho, concluímos que foi possível desenvolver um dispositivo tecnológico capaz de medir o pH de saneantes de uso cotidiano e associá-lo a uma sequência didática para o ensino de Química em escolas do ensino básico.

Na realidade, foram obtidos dois dispositivos, um feito a partir de materiais de baixo custo e outro utilizando um *smartphone*. O primeiro, devido à complexidade de sua montagem, foi usado somente pelo professor e compartilhado entre os alunos. O segundo, o fotorrepolhômetro, aliado ao *smartphone* dos alunos, permitiu que cada aluno tivesse o seu próprio medidor de pH. Os dois dispositivos foram úteis, entretanto observamos que o fotorrepolhômetro despertou maior curiosidade e proporcionou uma maior integração entre os alunos na resolução das atividades propostas. Como a atividade era em grupo, não era necessário que todos alunos instalassem o aplicativo e usassem o seu celular, entretanto, aqueles alunos que não estavam com o seu *smartphone* faziam questão de utilizar o aparelho do colega para realizar a atividade. Isto mostrou que o celular, quando devidamente utilizado, pode despertar interesse do aluno pelo conteúdo e, assim, contribuir na sua aprendizagem.

Para que os dados de pH obtidos pudessem ser acessados pelos alunos foi necessário o desenvolvimento de uma interface própria para os dispositivos inventados. No primeiro momento, tínhamos a opção de desenvolver um aplicativo com a ajuda do NAPEAD/UFRGS (Produção Multimídia para a Educação) ou então, utilizar plataformas de desenvolvimento e criar “*a próprio punho*” um aplicativo específico para as nossas necessidades. Desafio aceito! Algumas horas de tutoriais e mostramos que químicos também podem se aventurar pelas áreas da informática. O aplicativo desenvolvido através da plataforma gratuita do MIT, apesar de simples, funcionou de forma estável, realizando perfeitamente as tarefas para o qual foi feito. Na verdade, seria mais fácil trabalhar com um aplicativo pronto, desenvolvido por especialistas, porém gostaríamos que nosso exemplo servisse de estímulo aos professores que receberão este produto educacional tecnológico e talvez tenham dificuldade em aplicá-lo.

O tema utilizado na sequência didática foi bastante familiar aos alunos, facilitando, assim, o uso de diversos exemplos com este assunto. O maior enfoque foi dado na prevenção dos riscos que produtos de limpeza de uso doméstico podem

oferecer aos usuários, como no uso de produtos clandestinos ou na mistura e manuseio de produtos químicos tóxicos ou corrosivos. Muitos alunos comentaram que não imaginavam que os produtos de limpeza pudessem ser tão perigosos por causa do pH e tão pouco imaginavam que os produtos clandestinos poderiam ser feitos com material vencido ou contaminado, como água de arroios poluídos.

As mudanças nas cores do extrato de repolho roxo, quando misturado com diferentes produtos de limpeza, mostraram que aqueles conceitos teóricos vistos na aula não estavam tão distantes de sua realidade e que podiam ser facilmente comprovados. Com base nas informações obtidas anteriormente, os alunos já sabiam como o repolho roxo se comportava com produtos ácidos e básicos. Também sabiam, através do uso dos dispositivos de pH, qual dos ácidos e bases tinham pH mais próximo do extremo e, portanto, eram mais corrosivos e perigosos. Logo, durante a atividade investigativa, a maioria dos alunos conseguiu medir o pH das amostras de produtos de limpeza e associá-los com os dados obtidos anteriormente, deduzindo, assim, quais produtos eram mais perigosos para o manuseio.

Como foi dito anteriormente, percebia-se no rosto dos alunos um “sorriso de canto de boca” e um ar de satisfação por ter conseguido resolver, por conta própria, uma tarefa investigativa relacionada a um assunto que faz parte do seu cotidiano, utilizando apenas o seu celular (sem internet) e aquilo que aprenderam em sala de aula.

Observamos que os alunos conseguiram ancorar os novos conceitos recebidos sobre ácidos, bases e pH com o seu conhecimento sobre os produtos de limpeza e higiene, ou seja, ideias já presentes em sua estrutura cognitiva. Desta maneira, segundo Ausubel (2000), pode-se dizer que houve a assimilação do conteúdo, então, a aprendizagem para aqueles estudantes pode ser considerada significativa.

Finalmente, a interação dos alunos com os conteúdos propostos na sequência didática ajudou-os a entender como o conhecimento químico está presente em todas as coisas que os rodeiam, seja nos assuntos complexos, como a descoberta de uma nova vacina, ou no manuseio de simples produtos de limpeza. Esta pequena contribuição permitiu que esses alunos conseguissem entender um pouco mais do universo que os cerca, levando-os a passar por uma incrível jornada que é definida por Chassot (2000) com a alfabetização científica.

7 REFERÊNCIAS

- ANTUNES, Márjore; ADANATI, Daniela S.; PACHECO, Maria A. S.; GIOVANELA, Marcelo. pH do Solo: Determinação com indicadores ácido-base no Ensino Médio. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 31, n. 4, 2009. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc31_4/11-EEQ-3808.pdf>. Acesso em: 18 nov. 2020.
- ATKINS, Peter; JONES, Loretta. **Princípios de Química: Questionando a vida moderna e o meio ambiente**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2012.
- ARAÚJO, Denise Lino de. O que é (e como faz) sequência didática? **Entrepalavras**, Fortaleza, v. 3, p. 322-334, 2013.
- ARAÚJO, M. S. C.; NOVAIS, J. W. Z.; OLIVEIRA, A. G.; TAQUES, A. C. F. S.; HOKI, V. P.; SILVA, R. D. S. L. O uso do celular como ferramenta de ensino na visão dos alunos do nono ano em Tangará da Serra – MT. **Zeiki**, Barra do Bugres, v. 1, n. 1, p. 36-46, 2020.
- AUSUBEL, David. **Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva**. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 2000.
- BERALDO, Rossana M. F.; MACIEL, Diva A. Competências do professor no uso das TDIC e de ambientes virtuais. **Psicologia Escolar e Educacional**, São Paulo, v. 20, n. 2, p. 209-217, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/2175-3539/2015/0202952>>. Acesso em: 17 mar. 2020.
- BERMUDES, W. L.; SANTANA, B. T.; BRAGA, J. H. O.; SOUZA, P. H. Tipos de escalas utilizadas em pesquisas e suas aplicações. **Revista Vértices**, Campos dos Goytacazes, v. 18, n. 2, p. 7-20, 2016.
- BRAIBANTE, M.; PAZINATO, M. O Ensino de Química Através de Temáticas: Contribuições do Laequi para a Área. **Ciência e Natura**, v. 36, n. 2, 819-826, 2014. Disponível em <<https://doi.org/10.5902/2179460X16226>>. Acesso em 05 de janeiro 2021.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 59**, de 17 de dezembro de 2010.

_____. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 211**, de 14 de julho de 2005.

_____. PCN+ Ensino Médio. **Diário Oficial da União**, 2000. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>>. Acesso em: 15 out. 2019.

_____. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. Diretrizes curriculares nacionais para o ensino fundamental /Secretaria de Educação Básica. – Brasília: MEC, SEB, 2010b.

_____. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília, 2018.

CAMPOS, Alessandra Marcuz de Souza et al. Toxic exposures in children involving legally and illegally commercialized household sanitizers. **Revista Paulista de Pediatria**, São Paulo, v. 35, n. 1, p. 11-17, 2017. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28977311><http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=PMC5417804>>. Acesso em: 17 mar. 2020.

CHAGAS, A. P. Teorias ácido-base do século XX. **Química Nova na Escola**, n. 09, p. 28-30, 1999. Disponível em <<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc09/historia.pdf>>. Acesso em: 05 de janeiro de 2021.

CHASSOT, Attico I. **Alfabetização científica**: questões e desafios para a educação. Ijuí: Editora Unijuí, 2000.

CASTILHO, Auriluce Pereira; BORGES, Nara Rubia Martins; PEREIRA, Vânia Tanús. **Manual de metodologia científica**. Itumbiara: Iles/Ulbra, 2014.

COSTA, L. C. L. Desenvolvimento de uma Sequência Didática sobre Genética com uso das TDIC para a Alfabetização Científica. (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal de Itajubá, Programa de Pós-Graduação Mestrado Profissional em Ensino de Ciências. 2016. Disponível em: <<http://repositorio.unifei.edu.br/xmlui/handle/123456789/615>>. Acesso em: 02 de janeiro de 2021.

COSTA, Sandra Regina Santana; DUQUEVIZ, Barbara Cristina; PEDROZA, Regina Lúcia Sucupira. Tecnologias Digitais como instrumentos mediadores da aprendizagem dos nativos digitais. **Psicologia Escolar e Educacional**, [s. l.], v. 19,

n. 3, p. 603-610, 2015.

DAMASCENO, Deangelis et al. Análise multivariada de imagens na Química: um experimento para determinação do pH de águas potáveis. **Química Nova**, São Paulo, v. 38, n. 6, p. 836-841, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5935/0100-4042.20150082>>. Acesso em: 5 jun. 2019.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia do oprimido**. 17. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.

GAMA, Michelle da Silva; AFONSO, Júlio Carlos. De Svante Arrhenius ao peagâmetro digital: 100 Anos de medida de acidez. **Química Nova**, v. 30, n. 1, p.232-239, 2007.

Globo.com/G1. 2017. Disponível em: <<http://g1.globo.com/sp/bauru-marilia/noticia/2017/02/avo-confunde-suco-com-produto-de-limpeza-da-neta-e-bebe-morre.html>>. Acesso em: 17 mar. 2020.

GOUVEIA-MATOS, João Augusto de Mello. Mudanças nas cores dos extratos de flores e do repolho roxo. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 10, p. 6-10, 1999. Disponível em: <<http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc10/conceito.pdf>>. Acesso em: 12 jun. 2019.

JIN, Hao et al. Open-source low-cost wireless potentiometric instrument for pH determination experiments. **Journal of Chemical Education**, [s. l.], v. 95, n. 2, p. 326-330, 2018. Disponível em: <<http://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.jchemed.7b00479>>. Acesso em: 4 jun. 2019.

KAUARK, Fabiana; MANHÃES, Fernanda Castro; MEDEIROS, Carlos Henrique. **Metologia da Pesquisa: Um guia prático**. 1. ed. Itabuna: Via Litterarum, 2010.

LOPES, Rosemara Perpetua; FÜRKOTTER, Monica. Formação inicial de professores em tempos de TDIC: uma questão em aberto. **Educação em Revista**, [s. l.], v. 32, n. 4, p. 269-296, 2016.

MARCONDES, Maria Eunice et al. Materiais instrucionais numa perspectiva CTSA: uma análise de unidades didáticas produzidas por professores de Química em formação continuada. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 14, n. 2, p. 281-298, 2009. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/359>>. Acesso em: 20 nov.

2020.

MARFIM, Lucas; PESCE, Lucila. Trabalho, formação de professores e integração das TDIC às práticas educativas: Para além da racionalidade tecnológica. **Arquivos Analíticos de Políticas Educativas**, v. 27, p. 1-35, 2019.

MORENO, E. L.; MARTINS, E.; RAJAGOPAL, K. Basicidade e acidez, da pré-história aos dias atuais. **Revista Virtual de Química**, São Paulo, v. 7, n. 3, p. 893-902, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5935/1984-6835.20150046>>. Acesso em: 12 abr. 2020.

MOTA, Talita C.; CLEOPHAS, Maria G. Proposal for chemistry teaching using the plant *Pterodon abruptus* (Morici.) Benth. as a natural pH indicator. **Revista Virtual de Química**, São Paulo, v. 6, n. 5, p. 1353-1369, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5935/1984-6835.20140088>>. Acesso em: 12 abr. 2020.

MUNCHEN, Sinara. **Cosméticos**: Uma possibilidade de abordagem para o ensino de Química. 2012. 100 f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria-RS, 2012. Disponível em: <[https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/6657/MUNCHEN%2C SINARA.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/6657/MUNCHEN%2C%20SINARA.pdf?sequence=1&isAllowed=y)>. Acesso em: 27 out. 2018.

OSTERMANN, F.; REZENDE, F. Projetos de desenvolvimento e de pesquisa na área de ensino de Ciências e Matemática: uma reflexão sobre os Mestrados Profissionais. **Caderno Brasileiro do Ensino de Física**. 26, 66-80.2009. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2009v26n1p66/10020>>. Acesso em: 20 nov. 2020.

PIERINI, Max F. et al. Aprendizagem baseada em casos investigativos e a formação de professores: o potencial de uma aula prática de volumetria para promover o ensino interdisciplinar. **Química Nova Escola**, São Paulo, v. 37, n. 2, p. 112-119, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5935/0104-8899.20150027>>. Acesso em: 25 out. 2018.

PONTES NETO, José Augusto da Silva. Teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel: perguntas e respostas. **Série Estudos - Periódico do Mestrado em Educação da UCDB**, [s. l.], v. 21, p. 117-130, 2006.

ROSSO, Ademir José; TAGLIEBER, José Erno. **Métodos Ativos e Atividade de Ensino**. Perspectiva.v. 10, n. 17, p. 37-46, 1992. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/perspectiva/article/view/9147/10689>>. Acesso em: 08 de janeiro de 2021.

SANTOS, Flávia Maria Teixeira dos. Unidades temáticas - produção de material didático por professores em formação inicial. **Experiências em Ensino de Ciências**, [s. l.], v. 2, n. 1, p. 1-11, 2007.

SASSERON, Lucia; CARVALHO, Anna. Alfabetização científica: uma revisão bibliográfica. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 16, n. 1, p. 59-77, 2011. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/844768/mod_resource/content/1/SASSERON_CARVALHO_AC_uma_revisão_bibliográfica.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2020.

SEBRAE. O mercado brasileiro de produtos de limpeza. **Sebrae Respostas**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<https://respostas.sebrae.com.br/o-mercado-brasileiro-de-produtos-de-limpeza/>>. Acesso em: 11 abr. 2020.

SILVA, Janiele de Lemos et al. Avaliação do uso do photometrix como ferramenta de detecção em medida espectrofotométrica de lítio em solução aquosa. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA E ENSINO EM CIÊNCIAS, 3., Campina Grande, 2018. **Anais...** Campina Grande: Realize, 2018. Disponível em: <<https://www.editorarealize.com.br/artigo/visualizar/42977>>. Acesso em: 18 nov. 2020.

SILVA Jr., C. P.; SILVA, L. S.; NOBREGA, P. A. Contextualização do ensino de Química - uma metodologia motivadora e significativa. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA, 18., 2016, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: UFSC, 2016.

SILVA, Renildo F.; CORREA, Emilce S. Novas tecnologias e educação: a evolução do processo de ensino e aprendizagem na sociedade contemporânea. **Educação & Linguagem**, [s. l.], ano 1, n. 1, p. 23-35, 2014.

STEFINI, José Augusto; ZOCH, Alana Neto. Utilizando o tema água em uma abordagem CTSA: Uma sequência didática para o ensino de Química. In:

SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 5., 2016, Ponta Grossa. **Anais...** Ponta Grossa, 2016.

TERCI, D. B. L.; ROSSI, A. V.. Indicadores naturais de pH: Usar papel ou solução? **Química Nova**, São Paulo, v. 25, n. 4, p. 684-688, 2002.

VALDERRAMA, L.; PAIVA V. B.; MARÇO P. H.; VALDERRAMA, P. P. Proposta experimental didática para o ensino de análise de componentes principais. **Química Nova**, São Paulo, v. 39, n. 2, p. 245-249, 2015.

APÊNDICE A - PRODUTO EDUCACIONAL

GUIA DO PROFESSOR

A1 - INTRODUÇÃO

Esta guia apresenta uma metodologia para o uso do fotorrepolhômetro no ensino de Química como um dispositivo medidor de pH. Antes de tudo, é necessário saber como o dispositivo é feito.

A2 - CONFECÇÃO DO FOTORREPOLHÔMETRO

O fotorrepolhômetro é a combinação de um *smartphone*, com sistema operacional Android®, com o aplicativo PROFQUI fotorrepolhômetro. Após instalado, o aplicativo utiliza as funções do próprio aparelho para medir o pH das amostras.

A3 - INSTALAÇÃO DO APLICATIVO

Instalar o aplicativo *Fotorrepolhômetro*, disponível gratuitamente no seguinte sítio:

<https://drive.google.com/file/d/1RmjuyAS2DiFp87ihqtl7DFQG2MhexyyM/view?usp=sharing>.

Instalar, permitindo que o aparelho acesse a pasta de mídia (fotos). O Android necessitará de sua autorização para instalação, pois o *app* não está disponível na loja oficial. Ele foi elaborado pelo mestrando do PROFQUI da UFRGS, através de uma plataforma educativa gratuita do MIT. Após a instalação, a página inicial do aplicativo terá a aparência mostrada na Figura 1.

A4 - PRAPARAÇÃO DAS AMOSTRAS

O dispositivo obtém seus dados a partir da leitura da cor de uma solução de extrato de repolho roxo misturada com a amostra.

Prepara-se uma solução indicadora de repolho roxo, aquecendo, até a ebulição, 200 g de repolho roxo (*Brassica oleracea var. capitata f. rubra*) picado, com a mesma quantidade de água deionizada (encontrada em postos de combustível).

Deixa-se em repouso até esfriar. Filtrar em coador de café permanente (TNT ou nylon- Figura 2). Ao filtrado, adicionar 20% (v/v) de etanol a 96° GL (encontrado em postos de combustíveis). Adicionar em torno de 10 gotas de solução de hidróxido de sódio a 10% (soda cáustica comercial), até que a cor fique violeta. Neste ponto o pH deve estar perto de 7 (confirme pelo próprio fotorrepolhômetro - Figura 3).

Essa solução pode ser guardada na geladeira, ao abrigo da luz, por até 1 mês. Retirar da refrigeração apenas quando for ser utilizada.

Figura 1 - Página inicial do aplicativo Android® fotorrepolhômetro.



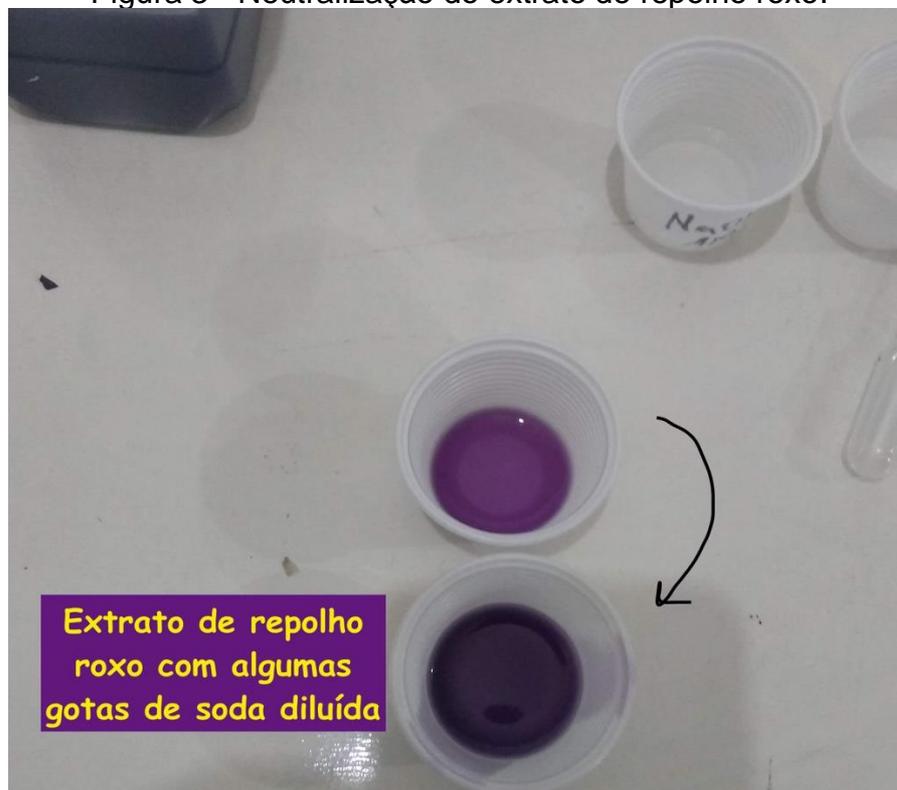
Fonte: foto do autor.

Figura 2 - Preparo da solução de repolho roxo.



Fonte: O autor

Figura 3 - Neutralização do extrato de repolho roxo.



Fonte: O autor.

A5 - PRAPARAÇÃO DAS AMOSTRAS PARA ANÁLISE

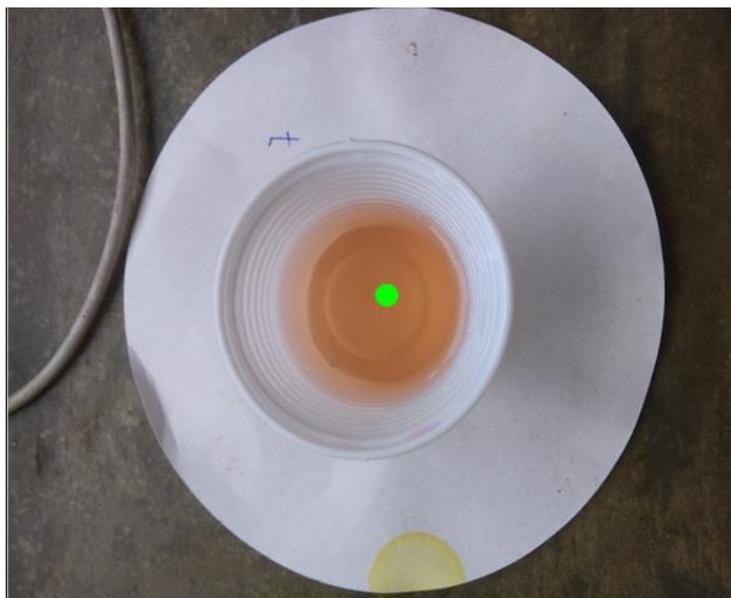
Em um copo de cafezinho, acrescente metade do seu volume (aproximadamente 20 mL) de solução problema e 2 mL (40 gotas) de extrato de repolho roxo (que foi preparado previamente). Misture bem e aguarde 1 minuto.

A6 - COMO MEDIR O pH DAS AMOSTRAS

Um aluno do grupo (ou todos) podem “baixar” o APP em um tablete ou celular com sistema Android e utilizá-lo para realizar as medidas.

Coloque o copo com a mistura preparada anteriormente sobre uma folha branca, em um local iluminado com luz solar ou luz artificial branca (fluorescente, LED etc.). Posicione a amostra para a leitura do pH, conforme indicado na Figura 4.

Figura 4 - Posicionamento da amostra para leitura do pH.



Fonte: foto do autor.

Defina se a amostra é incolor ou possui alguma cor de fundo (antes da adição do indicador). Se for incolor, siga os passos descritos a seguir.

AMOSTRAS INCOLORES

Clicar em fotorrepolhometro e após clicar no botão amostra incolor, conforme indicado na Figura 5.

Figura 5 - Procedimento para análise de amostras coloridas.



Fonte: o autor.

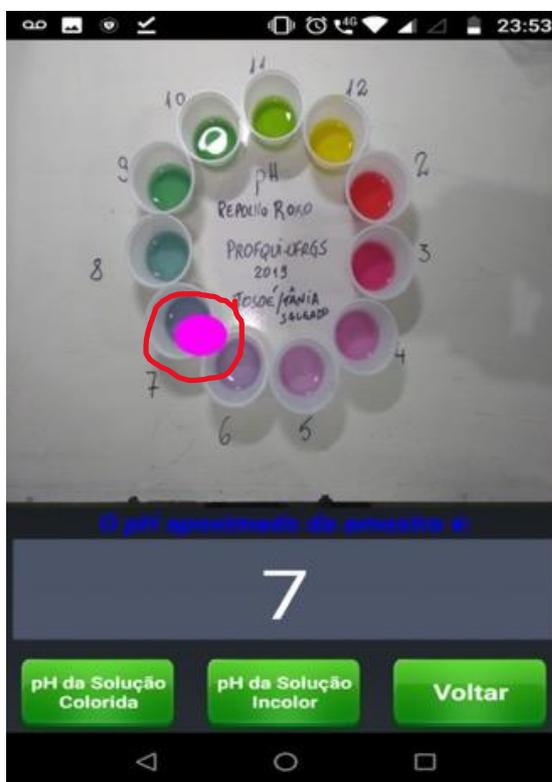
Na próxima tela, selecione a origem da imagem. Em sala de aula costuma-se tirar a foto no momento da análise, então selecionamos o botão “*Obter foto da câmera*” (Figura 6). Na próxima tela você irá enquadrar a imagem e tirar uma foto. Automaticamente um cursor rosa se posicionará sobre a área da fotografia, como mostra a Figura 7. Mova o cursor até a região que melhor representa a sua mistura. Observe que o campo onde está escrito **pH** muda de cor conforme a sua seleção. Ajuste para que fique o mais próximo possível da cor da sua solução. Feito isso, clique no botão **pH da solução incolor** e o valor encontrado será mostrado.

Figura 6 - Obtendo uma foto da câmera.



Fonte: o autor.

Figura 7 - Posicionando o cursor (ROSA) sobre a área de interesse.



Fonte: o autor.

AMOSTRAS COLORIDAS

Para aquelas amostras que já são coloridas antes de adicionar o indicador, inicialmente faça a leitura da amostra sem o indicador, clicando no botão **Amostra colorida**, como mostra a Figura 8.

Figura 8 - Realizando a análise de uma amostra colorida.



Fonte: o autor.

Este processo é uma calibração para as amostras coloridas (Figura 9). A cor de fundo será subtraída para que o aparelho faça a leitura somente da cor do extrato de repolho. Selecione a área que representa melhor a sua amostra e clique em **concluir**.

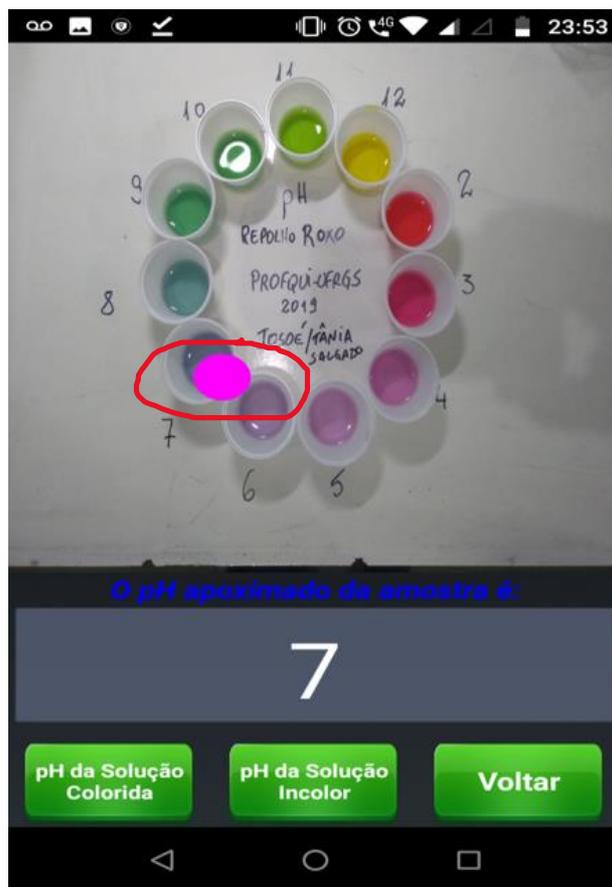
Figura 9 - Calibração para uma amostra colorida.



Fonte: o autor.

A seguir, faça a leitura da amostra sem o indicador. Para isso, clicar em amostra colorida, como mostra a Figura 10.

Figura 10 - Calibração para uma amostra colorida.



Fonte: o autor.

Após esse processo, coloque o indicador e siga os mesmos passos descritos anteriormente para amostras incolores. A única exceção é que o valor de pH será obtido clicando o botão pH amostra colorida

A7 - APLICAÇÃO DO FOTORREPOLHÔMETRO

A7.1 - SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Título: Estudo da Acidez, basicidade e pH dos produtos de limpeza.

Conteúdos

Acidez e basicidade

Indicadores de pH

Principais ácidos e bases de uso comum

Medição de pH

Objetivo geral

Apresentar os conceitos de acidez e basicidade através de uma atividade investigativa.

Objetivos específicos

- Utilizar uma unidade temática contextualizada no tema higiene e limpeza para introduzir os conceitos de ácido e base;
- Aplicar materiais de baixo custo e de fácil acessibilidade, como o repolho roxo e alguns objetos de cozinha, na realização de atividades experimentais envolvendo conceitos de ácidos e bases.
- Avaliar a aplicabilidade de um medidor de pH feito a partir de um *Smartphone*.
- Propor aos alunos uma atividade investigativa envolvendo a relação entre o pH dos produtos de limpeza e seus riscos potenciais, tanto ao manipulador, quanto ao meio ambiente;

Duração: 4 h aula

Recursos:

Sala de aula

Equipamento para apresentação de *slides*.

Amostras de limpadores pós obra
Detergente neutro
Desengraxante de cozinha
Solução diluída de Soda cáustica
Bicarbonato de sódio
Vinagre
Suco de repolho roxo
Repolhómetro
Copos de cafezinho
Smartphone com Sistema operacional *Android*

Conhecimentos prévios trabalhados pelo professor com o aluno

Ter noções das propriedades específicas da matéria.

Desenvolvimento metodológico

1 - Primeiro momento

Introduzir o tema através da apresentação sobre a história dos produtos de limpeza, por meio de uma apresentação de *slides*, como a disponível em:

<https://drive.google.com/open?id=1QZqSAIvKqskhkDLur-zGPoyXz5A5Id2v>

2 - Segundo momento

Relembrar algumas propriedades da matéria, como massa, volume, densidade, solubilidade, com o objetivo de introduzir as novas propriedades: a acidez e a basicidade. Geralmente os novos conceitos estão associados a soluções aquosas e são muito importantes em nosso dia a dia. Citar como exemplos: controle da água da piscina, água mineral (alcalina é semelhante a básica), acidez do solo, azia, limpeza do esgoto com soda cáustica, chuva ácida, cor da hortênsia que depende da acidez do solo.

Após a apresentação destes conceitos, comentar que, além da hortênsia, há outras plantas que contêm substâncias que mudam de cor de acordo com o meio onde estão. Estas substâncias são chamadas de indicadores. As principais são aquelas do mesmo tipo das extraídas do suco do repolho roxo e são conhecidas como antocianinas.

Será apresentado aos alunos uma tabela com os principais ácidos e bases de uso comum. Na próxima atividade, espera-se que o aluno consiga associar o caráter do meio com a cor da solução de suco de repolho roxo.

Utilizando o suco de repolho roxo, verifique a mudança de cor quando se mistura o suco com água, bicarbonato de sódio e vinagre. Mostre que a cor muda de acordo com o meio.

Compare também a cor do suco com uma solução diluída de bicarbonato de sódio e outra de soda cáustica (usada como desentupidor de canos). Mostre aos alunos que, apesar dos dois produtos serem alcalinos, eles apresentam cores diferentes. No caso da soda, a cor tende ao amarelo esverdeado. Para isso utilize o fotorrepolhómetro. Neste momento explique como o aparelho funciona (consulte o item 6 deste Guia do Professor).

A partir destas comparações o professor pode falar sobre a escala de acidez e basicidade, chamada escala de pH. Esta escala vai de 0 a 14. Quando a solução é ácida, o pH varia de 0 a 6, quando é básica, o pH varia de 8 a 14. Dizemos que a solução é neutra quando o pH é 7.

3 - Terceiro momento

Inicie a aula apresentando três produtos de limpeza: um limpador pós-obra (um produto ácido), um detergente de cozinha (neutro) e um desengraxante multiuso para fogão (alcalino). Comente com os alunos que os três produtos têm o mesmo propósito, limpar superfícies inanimadas, por isso são chamados de saneantes. Entretanto são utilizados em locais distintos, de acordo com o tipo de sujeira.

Distribua as amostras problemas e aplique a atividade investigativa descrita no roteiro de aula: *“Utilizando as informações que foram apresentadas a vocês, proponham um método de diferenciar estes produtos através de suas medidas de pH”*. Eles devem completar as tabelas e principalmente a conclusão.

4 - Quarto momento

Espera-se que os alunos identifiquem os três produtos com pH diferente e associem os processos de limpeza com o pH e a acidez do meio. Além disso, eles devem concluir que aqueles produtos com pH maior ou menor do que 7 requerem cuidados especiais de manuseio. Conclua a atividade comentando que, apesar de

alguns produtos serem muito eficazes na remoção de sujeira, o seu pH não é adequado para a pele.

Avaliação

- Observar a conduta dos estudantes quanto ao respeito para com os colegas, responsabilidade, participação e cooperação em grupo durante a realização das atividades;
- Apresentar a tabela devidamente preenchida;
- Cada aluno deverá responder ao problema inicial, objeto da investigação, de acordo com os conceitos apresentados e as observações vistas nas aulas.

A7.2 - MATERIAL PARA O ALUNO - ROTEIRO DE AULA

ESCOLA _____ DATA ____/____/____
 Aluno: _____ Turma: _____ nº do grupo _____

PROPRIEDADES DAS SUBSTÂNCIAS - ACIDEZ E BASICIDADE

Para Arrhenius, um **ÁCIDO** é uma substância que se ioniza em uma solução aquosa liberando íons (cátions) de hidrogênio (H^+), originando um meio ácido. Já uma **BASE** trata-se de uma substância que, em meio aquoso, é capaz de dissociar-se, liberando íons (ânions) hidroxilas (OH^-), resultando em um meio básico ou alcalino.

Existem substâncias, chamadas de indicadores, que reagem de forma diferente quando misturados com ácidos de bases. Um exemplo de indicadores naturais são aqueles encontrados nas hortênsias. Elas apresentam coloração diferente conforme o grau de acidez do solo. Um outro indicador é obtido usando o extrato aquoso do repolho roxo.

Os ácidos e bases são muito importantes na sociedade, principalmente nos produtos de higiene e limpeza. Nem todos ácidos e bases são iguais. Uns são mais fortes do que outros.

O suco de limão é um exemplo de uma solução ácida que contém ácido cítrico, um ácido fraco. A solução de baterias de automóveis é uma solução de ácido sulfúrico, um ácido muito forte e corrosivo. Na tabela abaixo estão listados os principais ácidos e bases de uso cotidiano

ÁCIDOS IMPORTANTES	BASES IMPORTANTES
Ácido acético-----vinagre	Hidróxido de cálcio-----cal – pintura/cimento/docesd
Ácido cítrico-----limão	Hidróxido de sódio-----Soda cáustica - limpeza do esgoto
Ácido láctico-----leite azedo	Hidróxido de magnésio---antiácido
Ácido sulfúrico----baterias carro	Hidróxido de alumínio----Tratamento de água
Ácido clorídrico----estômago	Hidróxido de amônio-----amoníaco
Ácido málico-----maçã	Hidróxido de Ferro----__-ferrugem (vaso sanitário)
Ácido tartárico-----suco de uva	Hidróxido de potássio-----cinzas
Ácido esteárico-----velas	*Bicarbonato e carbonato de sódio formam soluções básicas em água.

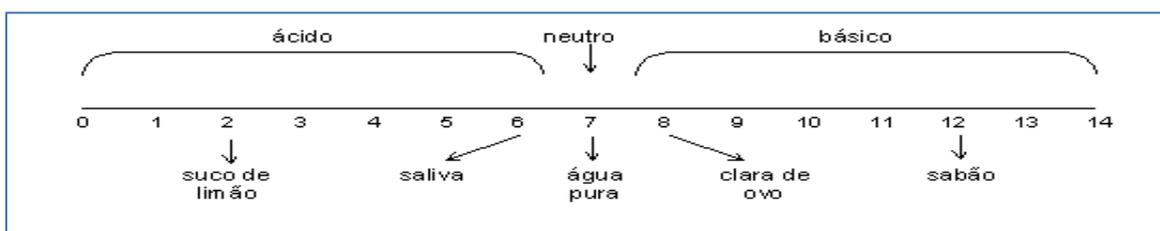
ATIVIDADE NÚMERO 1

Como a cor da solução de repolho roxo muda de acordo com a acidez e basicidade da mistura?

Pegue 3 copinhos de cafezinho e coloque em cada um aproximadamente 20 mL de cada uma das soluções: água, vinagre e bicarbonato de sódio. Depois coloque 2 mL (usar pipeta ou 40 gotas) de extrato de repolho roxo. Anote as observações no quadro abaixo.

Produto	Cor da mistura	Tipo de meio (ácido, básico)
Água		
Vinagre		
Bicarbonato de sódio em água		

Nem todos os ácidos e bases são iguais, logo eles podem apresentar características diferentes. Uma delas é a força do ácido, que consiste na capacidade desta substância ionizar-se e de liberar íons H^+ em solução. Existe uma escala que mede a concentração de íons H^+ e conseqüentemente nos dá uma ideia do quão ácida ou básica está uma solução aquosa. Esta escala é chamada escala de pH.



As soluções com pH extremo são perigosas, pois podem ser muito corrosivas e nocivas aos seres vivos.



ATIVIDADE NÚMERO 2

O pH DAS SOLUÇÕES

O pH das soluções pode ser medido através do uso de soluções indicadoras, fitas ou papéis coloridos e também através de aparelhos eletrônicos chamados de pHmetros. O fotorrepolhômetro é um medidor de pH experimental que utiliza uma solução indicadora a base de extrato de repolho roxo e um *smartphone*.

Para que o dispositivo funcione corretamente é necessário instalar um aplicativo utilizando o *QR Code* abaixo.



Utilizando o fotorrepolhômetro, verifique o pH das soluções abaixo. Preencha a tabela com os resultados obtidos.

<i>Produto</i>	<i>Vinagre</i>	<i>Água com gás</i>	<i>Bicarbonato de sódio em água</i>	<i>Sabão em pó (carbonato de sódio)</i>
Cor com repolho roxo				
Ácido ou básico?				
pH				

A7.3 - AVALIAÇÃO – ATIVIDADE INVESTIGATIVA

Se todos os produtos de limpeza servem para limpar, por que existem tantas variações no mercado? O que poderia fazer um produto limpar resíduos grosseiros de óleos e graxas com facilidade, mas ao mesmo tempo não ser indicado para lavar a louça do dia a dia?

Estão sendo apresentados 3 produtos, um detergente, um limpa-alumínio e um desengraxante. Todos têm a mesma função: lavar louças e panelas, porém eles apresentam características e cuidados que os diferenciam. O detergente pode ser usado sem luvas e em sujeiras leves de qualquer superfície. O limpa-alumínio é poderoso nas panelas de alumínio, mas pode manchar panelas de inox enquanto que o desengraxante faz exatamente o inverso do anterior.

Com auxílio do Fotorrepolhometro, um medidor de pH experimental, e utilizando as informações que foram apresentadas a você sobre acidez, basicidade e pH, proponha um método capaz de justificar a diferença destes 3 produtos de limpeza.

PRODUTO	DETERGENTE	LIMPA ALUMÍNIO	DESENG RAXANTE
OBSERVAÇÕES:			
CONCLUSÃO:			

APÊNDICE B - QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

1. O professor relacionou o conteúdo da aula de ciências com as propriedades dos produtos limpeza, isso me ajudou a compreender melhor o assunto da aula.

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5

Discordo totalmente Concordo totalmente

2. Consegui entender que a acidez e basicidade são propriedades químicas das substâncias

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5

Discordo totalmente Concordo totalmente

3. O experimento do suco do repolho roxo me ajudou a ver que algumas substâncias podem ser mais básicas do que outras.

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5

Discordo totalmente Concordo totalmente

4. Quando descubro algo, através das minhas próprias observações, consigo aprender mais que recebendo a informação diretamente, sem precisar pensar muito.

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5

Discordo totalmente Concordo totalmente

5. Aprendo melhor com atividades que exigem o meu raciocínio ao invés daquelas em que recebo a explicação diretamente do professor.

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5

Discordo totalmente Concordo totalmente

6. Um recurso muito importante para a aprendizagem é o uso de smartphones em experimentos.

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5

Discordo totalmente Concordo totalmente

7. O pH das substâncias pode ser um indicativo do grau de perigo que um produto pode oferecer as pessoas e ao meio ambiente.

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5

Discordo totalmente Concordo totalmente

8. O interesse sobre o assunto aumenta quando podemos usar tecnologias durante o aprendizado.

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5

Discordo totalmente Concordo totalmente

9. O fotorrepolhometro foi necessário na resolução do problema exposto na aula.

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5

Discordo totalmente Concordo totalmente

10. Consegui entender melhor os conceitos de ácido e base quando os mesmos foram relacionados com as propriedades químicas dos produtos de limpeza. *

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5

Discordo totalmente Concordo totalmente

11. O uso do celular no experimento demonstrou que o aparelho pode ser considerado um recurso importante na aprendizagem. *

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5

Discordo totalmente Concordo totalmente

12. As tecnologias eletrônicas como celulares, tabletes, notebook, Wireless, usadas em sala de aula me ajudam a ter mais interesse pelo conteúdo.

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5

Discordo totalmente Concordo totalmente

13. Seria interessante fazer em aula um medidor de pH, tal qual o fotorrepolhometro

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5

Discordo totalmente Concordo totalmente

14. Através da obtenção dos valores de pH, pelo fotorrepolhometro, foi possível diferenciar os tipos de produtos de limpeza.

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5

Discordo totalmente Concordo totalmente

15. Consigo explicar por que a cor da hortênsia muda de acordo com o solo.

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5

Discordo totalmente Concordo totalmente

16. Compreendi por que o suco do repolho roxo pode ser usado para diferenciar substâncias ácidas e básicas

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5

Discordo totalmente Concordo totalmente

17. Consegui medir o pH dos produtos de limpeza e perceber que são diferentes.

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5

Discordo totalmente Concordo totalmente

18. Receber as informações do pH com o próprio celular tornou o experimento mais interessante.

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5

Discordo totalmente Concordo totalmente