

# O Ensino de Química 2

Carmen Lúcia Voigt  
(Organizadora)

A photograph of a laboratory setting. In the foreground, a large Erlenmeyer flask is partially filled with a vibrant blue liquid. Behind it, a metal test tube rack holds several test tubes, also containing blue liquid. A hand in a white lab coat is visible on the left, holding a pipette and transferring liquid into one of the test tubes. The background is a clean, light-colored surface.

**Atena**  
Editora  
Ano 2019

**Carmen Lúcia Voigt**

(Organizadora)

# O Ensino de Química 2

Atena Editora  
2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Lorena Prestes e Karine de Lima

Revisão: Os autores

### Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

E59 O ensino de química 2 [recurso eletrônico] / Organizadora Carmen Lúcia Voigt. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (O Ensino de Química; v. 2)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-290-6

DOI 10.22533/at.ed.906192604

1. Química – Estudo e ensino. 2. Prática de ensino. 3. Professores de química – Formação I. Voigt, Carmen Lúcia. II. Série.

CDD 540.7

**Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422**

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2019

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

## APRESENTAÇÃO

A Química é uma ciência que está constantemente presente em nossa sociedade, em produtos consumidos, em medicamentos e tratamentos médicos, na alimentação, nos combustíveis, na geração de energia, nas propagandas, na tecnologia, no meio ambiente, nas consequências para a economia e assim por diante. Portanto, exige-se que o cidadão tenha o mínimo de conhecimento químico para poder participar na sociedade tecnológica atual.

O professor que tem o objetivo de ensinar para a cidadania precisa ter uma nova maneira de encarar a educação, diferente da que é adotada hoje e aplicada em sala de aula. É necessário investir tempo no preparo de uma nova postura frente aos alunos, visando o desenvolvimento de projetos contextualizados e o comprometimento com essa finalidade da educação. A participação ativa dos alunos nas aulas de química torna o aprendizado da disciplina mais relevante. Envolver os estudantes em atividades experimentais simples, nas quais eles possam expressar suas visões e colocá-las em diálogo com outros pontos de vista e com a visão da ciência, produz compreensão e aplicação desta ciência.

Neste segundo volume, apresentamos artigos que tratam de experimentação e aplicação dos conhecimentos em química, prévios ou estabelecidos, usados no ensino de química como jogos didáticos, uso de novas tecnologias, mídias, abordagens e percepções corriqueiras relacionadas à química.

Estes trabalhos visam construir um modelo de desenvolvimento de técnicas e métodos de ensino comprometidos com a cidadania planetária e ajudam o aluno a não pensar somente em si, mas em toda a sociedade na qual está inserido. Expondo a necessidade de uma mudança de atitudes dos profissionais da área para o uso mais adequado das tecnologias, preservação do ambiente, complexidade dos aspectos sociais, econômicos, políticos e ambientais, que estão envolvidos nos problemas mundiais e regionais dentro da química.

Boa leitura.

Carmen Lúcia Voigt

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
TEMAS GERADORES UTILIZADOS NO ENSINO DE QUÍMICA	
Natacha Martins Bomfim Barreto	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9061926041</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>8</b>
AULA DE QUÍMICA CONTEXTUALIZADA: UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS EM TURMA DE 9º ANO	
Nêmora Francine Backes	
Tania Renata Prochnow	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9061926042</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>20</b>
ATIVIDADES EXPERIMENTAIS PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS E SUA APLICABILIDADE EM SALA DE AULA	
Patrícia dos Santos Schneid	
Alzira Yamasaki	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9061926043</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>29</b>
UMA SEQUÊNCIA DE EXPERIMENTOS PARA O ENSINO DE ATOMÍSTICA: REFLEXÕES NA PERSPECTIVA DOS PROFESSORES FORMADORES	
Alceu Júnior Paz da Silva	
Denise de Castro Bertagnolli	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9061926044</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>44</b>
ETILENO VERSUS ACETILENO NO PROCESSO DE AMADURECIMENTO DE FRUTAS: INTRODUZINDO A INVESTIGAÇÃO CIENTÍFICA NO ENSINO MÉDIO	
Carla Cristina da Silva	
Aparecida Cayoco Ikuhara Ponzoni	
Danilo Sousa Pereira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9061926045</b>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>54</b>
O ENSINO DE QUÍMICA A PARTIR DO DIÁLOGO NA CONSTRUÇÃO DE JOGOS DIDÁTICOS E A SAÚDE INDÍGENA GUARANI E KAIOWÁ	
Diane Cristina Araújo Domingos	
Elaine da Silva Ladeia	
Eliel Benites	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9061926046</b>	
<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>66</b>
DOMINÓ DO LABORATÓRIO: UMA PROPOSTA LÚDICA PARA O ENSINO DE BOAS PRÁTICAS DE LABORATÓRIO NO ENSINO MÉDIO E TÉCNICO	
Lidiane Jorge Michelini	
Nara Alinne Nobre da Silva	
Dylan Ávila Alves	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9061926047</b>	

**CAPÍTULO 8 ..... 78**

ORGANOMEMÓRIA: UM JOGO PARA O ENSINO DE FUNÇÕES ORGÂNICAS

Joceline Maria da Costa Soares  
Christina Vargas Miranda e Carvalho  
Luciana Aparecida Siqueira Silva  
Larisse Ferreira Tavares  
Maxwell Severo da Costa

**DOI 10.22533/at.ed.9061926048**

**CAPÍTULO 9 ..... 87**

PROJETO ECOLOGIA DOS SABERES E UMA EDUCAÇÃO QUÍMICA PLURALISTA

Mauricio Bruno da Silva Costa  
Beatriz Pereira do Nascimento  
Gabriele Novais Alves  
Gabriel dos Santos Ramos  
Merícia Paula de Oliveira Almeida  
Marcos Antônio Pinto Ribeiro  
Eliene Cirqueira Santos  
Saionara Andrade de Santana Santos  
Maria José Sá Barreto Queiroz

**DOI 10.22533/at.ed.9061926049**

**CAPÍTULO 10 ..... 97**

O ENSINO DE CINÉTICA QUÍMICA NOS PERIÓDICOS NACIONAIS

Janessa Aline Zappe  
Inés Prieto Schmidt Sauerwein

**DOI 10.22533/at.ed.90619260410**

**CAPÍTULO 11 ..... 112**

LABORATÓRIO DE QUÍMICA EM PAPEL: UMA ESTRATÉGIA PARA AULAS DE QUÍMICA NO ENSINO MÉDIO

Daniela Brondani  
Gabriela Rosângela dos Santos  
Gabriele Smanhotto Malvessi  
Thaynara Dannehl Hoppe

**DOI 10.22533/at.ed.90619260411**

**CAPÍTULO 12 ..... 129**

GESTÃO DE RESÍDUOS QUÍMICOS EM AULAS EXPERIMENTAIS: PROXIMIDADES E DISTANCIAMENTOS DA RESOLUÇÃO 02/2012 – CNE/CP

Adriângela Guimarães de Paula  
Nicéa Quintino Amauro  
Guimes Rodrigues Filho  
Paulo Vitor Teodoro de Souza  
Rafael Cava Mori

**DOI 10.22533/at.ed.90619260412**

**CAPÍTULO 13 ..... 142**

DESENVOLVIMENTO DE ANIMAÇÕES 3D PARA O ENSINO DE QUÍMICA DE COORDENAÇÃO

Carlos Fernando Barboza da Silva  
Matheus Estevam

**DOI 10.22533/at.ed.90619260413**

**CAPÍTULO 14 ..... 150**

EXPERIMENTAÇÃO INVESTIGATIVA E EDUCAÇÃO CTS SOB O TEMA DOS RESÍDUOS ELETRÔNICOS EM AULAS DE QUÍMICA

Juliana M.B. Machado  
Lara de A. Sibó  
Sandra N. Finzi  
Marlon C. Maynard  
Eliana M. Aricó  
Elaine P. Cintra

**DOI 10.22533/at.ed.90619260414**

**CAPÍTULO 15 ..... 163**

FOGO NO PICADEIRO – A ABORDAGEM DE NÚMEROS CIRCENSES INFLAMÁVEIS NO ENSINO DE QUÍMICA ORGÂNICA

Filipe Rodrigo de Souza Batista  
Evelyn Leal de Carvalho  
Ludmila Nogueira da Silva  
Leandro Gouveia Almeida  
Ana Paula Bernardo dos Santos

**DOI 10.22533/at.ed.90619260415**

**CAPÍTULO 16 ..... 170**

INTRODUÇÃO AO ESTUDO DE INTEMPERISMO DE PETRÓLEO: INTEGRANDO PESQUISA, ENSINO E MEIO AMBIENTE

Verônica Santos de Moraes  
Karla Pereira Rainha  
Bruno Mariani Ribeiro  
Felipe Cunha Fonseca Nascimento  
Joseli Silva Costa  
Larissa Aigner da Vitória  
Thaina Cristal Santos  
Eustáquio Vinicius Ribeiro de Castro

**DOI 10.22533/at.ed.90619260416**

**CAPÍTULO 17 ..... 185**

A COMPOSIÇÃO DO PETRÓLEO DO PRÉ-SAL O ENSINO DE HIDROCARBONETOS

Tiago Souza de Jesus  
Tatiana Kubota  
Lenalda Dias dos Santos  
Daniela Kubota  
Márcia Valéria Gaspar de Araújo

**DOI 10.22533/at.ed.90619260417**

**CAPÍTULO 18 ..... 196**

QUÍMICA DO SOLO: UMA ABORDAGEM DIFERENCIADA SOBRE OS ELEMENTOS QUÍMICOS

Marina Cardoso Dilelio  
Luciano Dornelles

**DOI 10.22533/at.ed.90619260418**

<b>CAPÍTULO 19</b> .....	<b>209</b>
CONSTRUINDO MODELOS ATÔMICOS E CADEIAS CARBÔNICAS COM MATERIAIS ALTERNATIVOS	
Amanda Bobbio Pontara Laís Perpetuo Perovano Ana Nery Furlan Mendes	
<b>DOI 10.22533/at.ed.90619260419</b>	
<b>CAPÍTULO 20</b> .....	<b>225</b>
PEGADA LUMINOSA: EXPERIMENTAÇÃO E EFEITO PIEZOELÉTRICO	
Eleandro Adir Philippsen Marcos Antonio da Silva Gustavo Adolfo Araújo de Simas	
<b>DOI 10.22533/at.ed.90619260420</b>	
<b>CAPÍTULO 21</b> .....	<b>237</b>
USO DO CONHECIMENTO PRÉVIO NO ENSINO DE CINÉTICA QUÍMICA	
Ailnete Mário do Nascimento Jocemara de Queiroz Souza	
<b>DOI 10.22533/at.ed.90619260421</b>	
<b>CAPÍTULO 22</b> .....	<b>240</b>
MODELOS MENTAIS DE LICENCIANDOS EM QUÍMICA SOBRE UMA REAÇÃO DE PRECIPITAÇÃO	
Grazielle de Oliveira Setti Gustavo Bizarria Gibin	
<b>DOI 10.22533/at.ed.90619260422</b>	
<b>CAPÍTULO 23</b> .....	<b>252</b>
A PRODUÇÃO DE ALIMENTOS ORGÂNICOS: COMPARTILHANDO UMA EXPERIÊNCIA DE SALA DE AULA DE CIÊNCIAS	
Ana Luiza de Quadros Mariana Gonçalves Dias Giovana França Carneiro Fernandes	
<b>DOI 10.22533/at.ed.90619260423</b>	
<b>CAPÍTULO 24</b> .....	<b>265</b>
A HORTA – UMA EXPERIÊNCIA INTERDISCIPLINAR NO ENSINO DE QUÍMICA, MATEMÁTICA E BIOLOGIA COM ALUNOS DE ENSINO MÉDIO	
Venina dos Santos Maria Alice Reis Pacheco Anna Celia Silva Arruda Magda Mantovani Lorandi Paula Sartori	
<b>DOI 10.22533/at.ed.90619260424</b>	
<b>CAPÍTULO 25</b> .....	<b>275</b>
AGROTÓXICOS NO ENSINO DE QUÍMICA: CONCEPÇÕES DE ESTUDANTES DO CAMPO SEGUNDO A EDUCAÇÃO DIALÓGICA FREIREANA	
Thiago Santos Duarte Adriana Marques de Oliveira Sinara München	
<b>DOI 10.22533/at.ed.90619260425</b>	

<b>CAPÍTULO 26 .....</b>	<b>290</b>
COMPARATIVO DA QUANTIDADE DE CAFEÍNA PRESENTE EM INFUSÃO DE CAFÉ, REFRIGERANTE E BEBIDA ENERGÉTICA COMO TEMA GERADOR PARA O ENSINO DE QUÍMICA	
<p>Maria Vitória Dunice Pereira  Dhessi Rodrigues  João Vitor Souza de Oliveira  Naira Caroline Vieira de Souza  Márcia Bay</p>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.90619260426</b>	
<b>CAPÍTULO 27 .....</b>	<b>294</b>
PERCEPÇÃO AMBIENTAL DA POPULAÇÃO DE MARACANAÚ ACERCA DA QUALIDADE E DOS PADRÕES DE POTABILIDADE DA ÁGUA, COMO FERRAMENTA DE EDUCAÇÃO E CONSCIENTIZAÇÃO	
<p>Eilane Barreto da Cunha Dote  Andreza Maria Lima Pires  Renato Campelo Duarte</p>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.90619260427</b>	
<b>CAPÍTULO 28 .....</b>	<b>304</b>
TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS POR ELETROFLOCULAÇÃO: UM TEMA PARA APCC COM LICENCIANDOS EM QUÍMICA	
<p>Daniele Cristina da Silva  Fernanda Rechetnek  Adriano Lopes Romero  Rafaelle Bonzanini Romero</p>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.90619260428</b>	
<b>SOBRE A ORGANIZADORA.....</b>	<b>316</b>

## LABORATÓRIO DE QUÍMICA EM PAPEL: UMA ESTRATÉGIA PARA AULAS DE QUÍMICA NO ENSINO MÉDIO

### **Daniela Brondani**

Universidade Federal de Santa Catarina –  
Campus Blumenau, Departamento de Ciências  
Exatas e Educação, Blumenau – Santa Catarina.

### **Gabriela Rosângela dos Santos**

Universidade Federal de Santa Catarina,  
Blumenau – Santa Catarina.

### **Gabriele Smanhotto Malvessi**

Universidade Federal de Santa Catarina,  
Blumenau – Santa Catarina.

### **Thaynara Dannehl Hoppe**

Universidade Federal de Santa Catarina,  
Blumenau – Santa Catarina.

**RESUMO:** A tecnologia conhecida como “*Lab-on-Paper*” consiste em utilizar papel no desenvolvimento de dispositivos de análise miniaturizados, nos quais se integra uma ou mais funções de um laboratório. Essa técnica vem se destacando em função de suas diversas vantagens, tais como: baixo custo, requer pequenas quantidades de reagentes e, conseqüentemente, minimiza a geração de resíduos. Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo desenvolver dispositivos de análise em papel filtro com extratos vegetais ricos em antocianinas para medidas de pH. Seis dispositivos foram desenvolvidos, sendo cinco para análises semiquantitativas e um qualitativo. Dentre eles, três dispositivos

baseados em microfluídica visaram aplicação em medidas de pH de amostras coloridas, os quais apresentaram boa eficiência para essa finalidade. Também foram realizados testes de estabilidade dos dispositivos com extratos naturais, no intuito de avaliar quanto tempo eles poderiam ser armazenados, e os resultados mostraram que não houve alteração no funcionamento dos mesmos durante cerca de um mês. Após esta etapa de desenvolvimento e testes prévios dos dispositivos, foi planejado um minicurso teórico-prático (intitulado “Laboratório de química em papel”) para estudantes de Ensino Médio. Este minicurso teve o objetivo de testar os dispositivos dentro de uma proposta acessível à realidade da maioria das escolas públicas, utilizando materiais de baixo custo e amostras presentes no cotidiano dos estudantes. Desta forma, observou-se que os dispositivos de análise apresentaram resultados satisfatórios, bem como podem ser explorados em aulas de Química no Ensino Médio, possibilitando aulas mais atrativas, investigativas e dinâmicas, que favoreçam o aprendizado dessa ciência.

**PALAVRAS-CHAVE:** dispositivos de análise em papel, microfluídica, medidas de pH.

**ABSTRACT:** The technology known as “*Lab-on-Paper*” consists of using paper in the development of miniaturized analysis devices, in which one or more functions of a laboratory

are integrated. This technique has been highlighting due to its several advantages, such as: low cost, requires small amounts of reagents and, consequently, minimizes the generation of waste. In view of the foregoing, the objective of this work was to develop analysis devices based on filter paper and anthocyanins rich extracts for pH measurements. Six devices were developed, five of them for semiquantitative and one qualitative analysis. Among them, three devices based on microfluidics aimed at application in pH measurements of colored samples, which showed good efficiency for this purpose. Stability tests of the devices with natural extracts were also performed in order to evaluate how long they could be stored, and the results showed that there was no change in their functioning for about one month. After this step of development and previous tests of the devices, a theoretical-practical mini-course (titled “Laboratory of paper chemistry”) was planned for students of High School. This mini-course aimed to test the devices within a proposal accessible to the reality of most public schools, using low-cost materials and samples present in students’ daily lives. Thus, it was observed that the analysis devices presented satisfactory results, as well as can be explored in Chemistry classes in High School, allowing more attractive, investigative and dynamic classes that favor the learning of this science.

**KEYWORDS:** paper analysis devices, microfluidics, pH measurements.

## 1 | INTRODUÇÃO

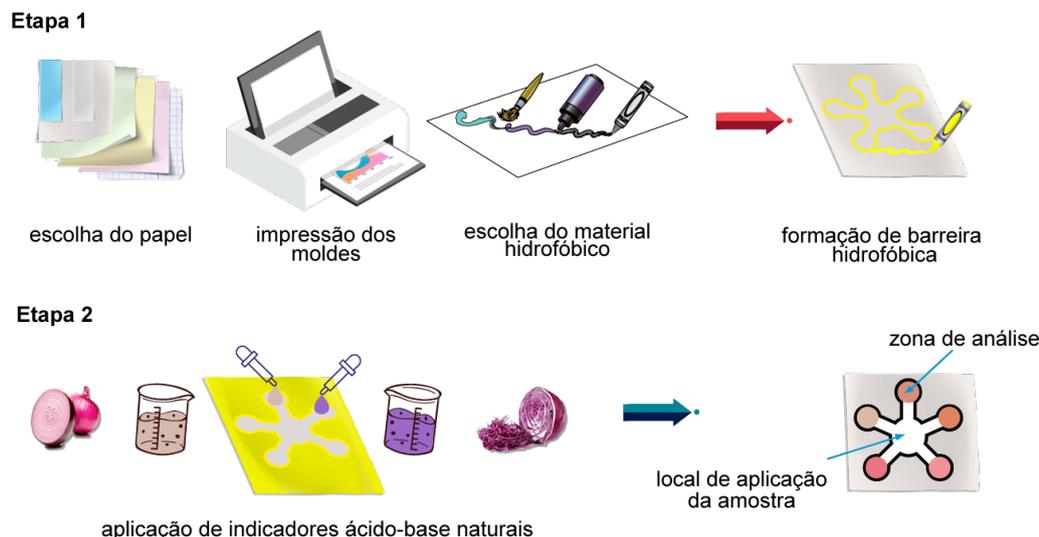
Recente tendência no campo da pesquisa em Química, a tecnologia conhecida como “*Lab-on-Paper*” (tradução literal: “laboratório em papel”) consiste na utilização de papel para construir dispositivos de análise miniaturizados, nos quais se integra uma ou mais funções de um laboratório. Desta forma, em um pequeno pedaço de papel é possível realizar diversas análises químicas, sem a necessidade da estrutura de um laboratório, com baixo custo, gastando pequena quantidade de reagentes e, conseqüentemente, minimizando a quantidade de resíduos gerados (COSTA *et al.*, 2014; XU *et al.*, 2016). Estes dispositivos de análise construídos à base de papel destacam-se por utilizar um material amplamente disponível e de baixo custo, facilmente impresso ou impregnado, maleável, biodegradável, hidrofílico e com estrutura porosa (que permite uma combinação de fluxo, filtração e separação) (POURREZA e GOLMOHAMMADI, 2015; XU *et al.*, 2016).

O papel, constituído por redes de fibras de celulose, é um ótimo material para a produção de testes colorimétricos porque fornece uma elevada relação superfície-volume que facilita e acelera reações químicas na microescala, bem como sua rede fibrosa permite o transporte de líquidos através de forças capilares. É importante também destacar que o uso da detecção colorimétrica é provavelmente a melhor opção para este tipo de dispositivos, devido aos resultados poderem ser observados a olho nu, sem uso de equipamento adicional (MARTINEZ *et al.*, 2010; COSTA *et al.*, 2014; MORBIOLI *et al.*, 2017).

Os dispositivos de análise em papel podem ser divididos em várias categorias,

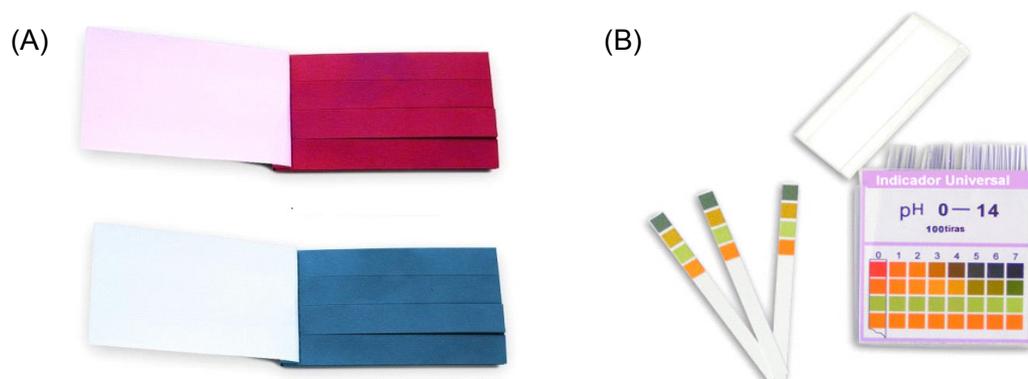
entre elas, destacam-se as populares tiras de teste (*test strips*) e os dispositivos baseados em microfluídica em papel ( $\mu$ PADs – *microfluidic paper-based devices*) (MARTINEZ *et al.*, 2010; MORBIOLI *et al.*, 2017). A tira de teste é a mais simples, já que se trata em uma tira à base de papel com reagente(s) pré-depositado(s), a qual é colocada em contato com uma amostra (e a coloração resultante é comparada com uma escala padrão de cor), como, por exemplo, as fitas para medidas de pH (MORBIOLI *et al.*, 2017). Entretanto, essas “fitinhas de pH” (como são popularmente conhecidas) apresentam certas limitações quando se deseja medir o pH de determinadas amostras. O problema ocorre com amostras que apresentam substâncias coloridas (corantes naturais ou sintéticos) em sua constituição (por exemplo, sucos de frutas e verduras), as quais aderem sobre as regiões indicadoras da fita de pH e interferem na coloração final observada, tornando o método inviável. Os dispositivos baseados em microfluídica tem se mostrado extremamente úteis para contornar este problema.

A microfluídica trabalha com a manipulação de líquidos em microcanais, possibilitando o desenvolvimento de sistemas miniaturizados de análises químicas (WHITESIDES, 2006). De acordo com Koesdjojo *et al.* (2015), a tecnologia microfluídica pode fornecer um excelente meio para ensinar aos estudantes alguns princípios básicos da química e mostrar a ampla aplicabilidade destes sistemas. A melhor maneira de realizar isso é envolver os estudantes nos processos de projetar, construir e testar estes sistemas, especialmente devido à acessibilidade dos materiais e métodos empregados (KOESDJOJO *et al.*, 2015; ESFAHANI *et al.*, 2016). A fabricação de sistemas de microfluídica em papel é geralmente executada em duas etapas principais, que consistem: 1) na escolha do papel e na criação de barreiras hidrofóbicas para obtenção de um caminho no qual o líquido irá percorrer até atingir a “zona de análise” e 2) na aplicação de reagentes indicadores (por exemplo, indicadores ácido-base) nas “zonas de análise” (Figura 1). As barreiras hidrofóbicas podem ser criadas através de impressão a jato de tinta, caneta de marcação permanente, impressão à cera, desenho com lápis de cera (seguido de aquecimento), etc. (XU *et al.*, 2016). O transporte dos líquidos (por exemplo, amostra de suco) no papel se dará nos canais hidrofílicos (delimitados pelas barreiras hidrofóbicas) através de forças capilares, ou seja, os espaços entre as redes fibrosas do papel se comportam como tubos capilares, e, assim, o líquido irá se aderir às paredes destes tubos e será transportado até a zona de análise, sem a necessidade de uma força externa (LI *et al.*, 2012). Os resultados das análises se dão através da cor indicada após contato com reagente (na zona de análise), comparada a uma escala de cor previamente estabelecida para cada faixa de concentração. O mais interessante é que, no caso de amostras coloridas, seus pigmentos comumente tem grande afinidade pelo papel e, por isso, devem ficar impregnados e não chegar até a zona de análise (ou chegar apenas uma pequena quantidade); portanto, não iriam interferir no resultado final da análise.



**Figura 1.** Esquema geral da fabricação de dispositivos de microfluídica em papel para medidas de pH, empregando indicadores ácido-base naturais.

As fitas para medidas de pH (papel de tornassol ou tira universal de pH – Figura 2), disponíveis comercialmente, são preparadas com reagentes químicos chamados de “indicadores ácido-base”. Esses indicadores são substâncias orgânicas, geralmente bases ou ácidos fracos, que alteram sua coloração em função das características físico-químicas do meio em que estão inseridos (YAMAKI *et al.*, 2009), ou seja, as mudanças estruturais ocasionadas pela acidez/basicidade do meio são as responsáveis pela formação das espécies com diferentes colorações (TERCI e ROSSI, 2002). Na natureza, as antocianinas são os pigmentos responsáveis por uma variedade de cores atrativas de frutos, flores e folhas, que variam do vermelho ao azul. Essas substâncias pertencem à classe dos flavonóides e atuam como indicadores ácido-base naturais (GUIMARÃES *et al.*, 2012). O extrato de repolho roxo é um exemplo de indicador natural, o qual apresenta coloração lilás/roxa em meio neutro, variando para vermelho em meio ácido, e em meio básico passa por verde até chegar ao amarelo.



**Figura 2.** Imagens de fitas comerciais para medidas de pH: (A) papel de tornassol e (B) tira indicadora universal de pH.

Diante das diversas vantagens apresentadas, o presente trabalho teve como

objetivo o desenvolvimento de diferentes dispositivos em papel filtro com extratos de plantas ricos em antocianinas (indicadores ácido-base) para determinação de pH em amostras de produtos de limpeza e alimentícios (com destaque para os coloridos). Além disso, os dispositivos desenvolvidos foram testados em atividades experimentais organizadas no formato de um minicurso (intitulado “Laboratório de química em papel”) para estudantes de Ensino Médio de uma escola pública.

## 2 | METODOLOGIA

O presente trabalho foi desenvolvido como parte das atividades do projeto de extensão intitulado “Laboratório de química em papel: alternativa prática para aulas de química”. Este projeto visava à construção de diferentes dispositivos de análise em papel (sendo alguns deles baseados em microfluídica) para medidas de pH em amostras diversas (especialmente as coloridas), utilizando materiais acessíveis à realidade de instituições públicas de ensino, oportunizando, desta forma, a aplicação de experimentos em aulas de química no Ensino Médio.

As atividades realizadas foram organizadas em dois grandes momentos: 1º) desenvolvimento de diferentes dispositivos de análise em papel utilizando materiais acessíveis e de baixo custo para medidas de pH; e 2º) organização e aplicação de um minicurso teórico-prático para estudantes do Ensino Médio de uma escola pública da cidade de Blumenau (Santa Catarina – Brasil), que não disponibilizava de um laboratório de química.

### 2.1 Desenvolvimento dos dispositivos de análise

#### 2.1.1 Preparo de extratos naturais e escala padrão de pH

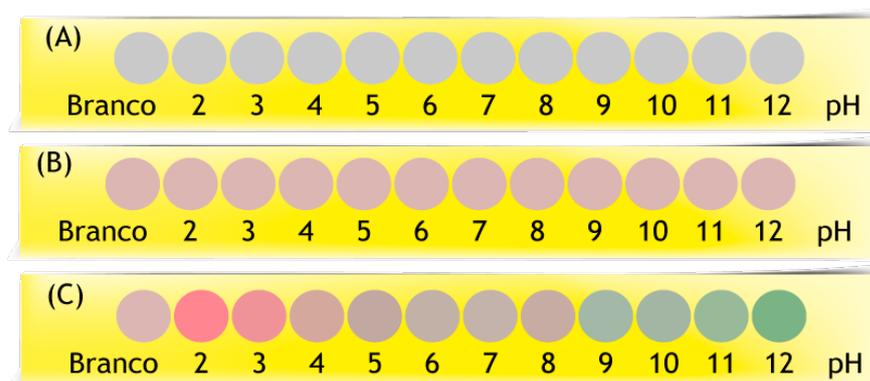
Os extratos naturais de flores (rosas, hibisco, dália, petúnia, gerânio e begônia) foram preparados pela técnica de maceração, utilizando algumas pétalas da flor selecionada e cerca de 2 mL de água e 10 gotas de solução de ácido clorídrico diluído (HCl, 0,1 mol L<sup>-1</sup>). Os extratos de repolho, cebola roxa e berinjela foram preparados utilizando 250 mL de água e 10 gotas de solução de HCl diluído, mantidos sob aquecimento durante aproximadamente 20 minutos. Em ambos os casos, a solução de HCl pode ser substituída por vinagre comercial (que contém cerca de 4% de ácido acético), ou ainda pode-se empregar apenas água da torneira para a extração.

A fim de analisar as respostas de cor de cada extrato como indicador ácido-base, foram construídas escalas padrão de cor em função do pH para cada extrato natural. Para isso, foram preparadas 11 soluções com diferentes valores de pH (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 e 12), empregando-se tampão Britton-Robinson (composto por uma mistura de ácido acético, ácido fosfórico e ácido bórico, e hidróxido de sódio para ajuste de pH). Para cada extrato foi construída uma escala padrão em papel filtro (Figura 3), usando um molde contendo 11 regiões circulares demarcadas para cada valor de pH,

e gotejou-se nestas regiões o extrato natural. Após secagem a temperatura ambiente, gotejou-se cada uma das soluções tampão de pH correspondente no local indicado, resultando em uma escala de cor em função do pH. A partir destas escalas foi possível selecionar os extratos que apresentaram mudanças mais perceptíveis de cor na faixa de pH estudada.

### 2.1.2 Construção de diferentes dispositivos em papel

O desenvolvimento dos dispositivos em papel compreendeu as seguintes etapas principais: i) escolha do papel mais adequado para construção dos dispositivos, em que foram realizados testes com papel filtro qualitativo (comum em laboratórios), papel de filtro de café e papel sulfite; ii) padronização do formato e tamanho dos dispositivos; iii) seleção de materiais para a formação de barreiras hidrofóbicas (lápiz de cera e pincel marcador permanente), bem como investigou-se recortar o dispositivo de papel e colar sobre um pedaço de caixa longa vida.



**Figura 3.** Esquema da preparação de uma escala padrão de pH para cada extrato investigado: (A) molde da escala, (B) adição do extrato natural indicador de pH, e, após secagem, (C) adição das soluções tampão de pH correspondente ao valor indicado.

Após uma sequência de testes com diferentes técnicas e materiais, foram desenvolvidos seis tipos de dispositivos em papel para análise de pH (Figura 4), sendo alguns deles baseados em microfluídica (tipos “A”, “B” e “C”).

(A) *Dispositivo de análise semiquantitativo – modelo flor demarcada com pincel marcador permanente (Figura 4-A):* consiste em um pequeno pedaço quadrado de papel filtro (dimensões aproximadas: 4,0 x 4,0 cm) com um desenho em formato de flor, sendo o contorno demarcado com pincel de tinta permanente (que forma uma barreira hidrofóbica). Em cada extremidade da flor (pétala) é adicionado uma pequena quantidade de um indicador de pH (extrato vegetal). Após secagem a temperatura ambiente, este dispositivo está pronto para o uso. Então, uma amostra pode ser adicionada no centro do dispositivo em formato de flor, e por capilaridade se desloca até chegar às pétalas (áreas com indicadores de pH).

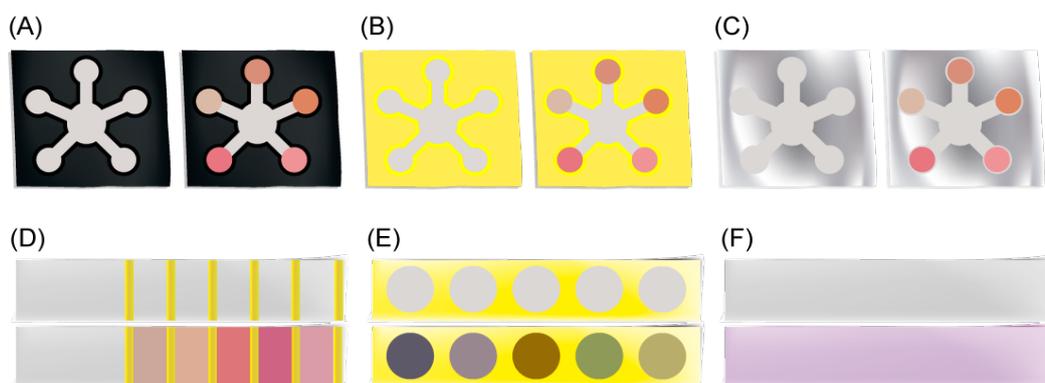
(B) *Dispositivo de análise semiquantitativo – modelo flor demarcada com lápis de cera de cera (Figura 4-B):* similar ao dispositivo tipo “A”, sendo que o contorno foi feito com lápis de cera e aquecido com um secador de cabelos ou em uma estufa para que a cera penetre na fibra do papel e crie uma barreira hidrofóbica. Esta etapa requer atenção especial, pois o aquecimento em excesso podem causar a invasão da cera para dentro dos círculos.

(C) *Dispositivo de análise semiquantitativo – modelo flor demarcada com recorte e colada sobre superfície hidrofóbica (Figura 4-C):* consiste em um desenho fabricado com papel filtro em formato de flor colado na superfície hidrofóbica de um pedaço de uma caixa longa vida (superfície interna). As demais etapas são iguais ao dispositivo do tipo “A”, descrito anteriormente.

(D) *Dispositivo de análise semiquantitativo – modelo fita (similar à fita universal de pH, comumente encontrada em laboratórios) (Figura 4-D):* consiste em uma fita de papel filtro demarcada com cinco espaços preenchidos com 5 diferentes indicadores naturais de pH e isolados com lápis de cera (barreira hidrofóbica). Este modelo assemelha-se com a fita universal de pH, que pode ser mergulhada na amostra que se deseja saber o pH aproximado.

(E) *Dispositivo de análise semiquantitativo – modelo fita demarcado com lápis de cera em formato de círculos (Figura 4-E):* similar ao dispositivo tipo “D”. As tiras de papel são pintadas com lápis de cera (hidrofóbica), deixando espaços (no formato de círculo) sem aplicação de cera. Para garantir a penetração da cera no papel foi necessária uma etapa de aquecimento (secador de cabelo ou estufa). Na sequência, os espaços circulares hidrofílicos são preenchidos com diferentes indicadores de pH.

(F) *Dispositivo qualitativo – modelo fita simples (similar ao papel de tornassol) (Figura 4-F):* este sistema consiste em uma tira de papel filtro encharcada com um indicador de pH (por exemplo, extrato de repolho roxo). Após secagem a temperatura ambiente, o dispositivo está pronto e pode ser mergulhado em uma amostra, ocorrendo uma mudança de coloração instantaneamente. Este é um teste qualitativo, portanto, apenas indica se a amostra é ácida ou básica.



**Figura 4.** Representação esquemática dos 6 tipos de dispositivos de análise em papel propostos (antes e após adição dos indicadores): Dispositivos de análise semiquantitativos –

(A) modelo flor demarcada com pincel marcador permanente; (B) modelo flor demarcada com lápis de cera; (C) modelo flor demarcada com recorte e colada sobre superfície hidrofóbica; (D) modelo fita/tira (similar à tira universal de pH); (E) modelo fita demarcado com lápis de cera em formato de círculos; (F) Dispositivo qualitativo – modelo fita simples (similar ao papel de tornassol).

## 2.2 Minicurso “Laboratório de química em papel”

Após a construção dos dispositivos, as atividades se focaram na organização de um minicurso teórico-prático para aplicação em escolas públicas de ensino, tendo como público alvo estudantes do 1º, 2º e 3º ano do Ensino Médio.

Para o minicurso, foram desenvolvidos e fornecidos aos estudantes: material instrucional para apoio nos estudos, roteiro experimental, escala padrão dos indicadores selecionados para as atividades experimentais e kit experimental composto por materiais comumente encontrados no cotidiano dos estudantes.

O minicurso foi planejado e executado em duas etapas:

I – Introdução teórica contextualizada e discutida sobre os conteúdos envolvidos nas atividades experimentais, tais como: teorias e reações ácido-base, concentração hidrogeniônica (pH), indicadores ácido-base, etc.

II – Execução das práticas experimentais utilizando os dispositivos em papel para análise de pH de amostras do cotidiano dos estudantes, tais como produtos alimentícios e de limpeza.

Ao final do minicurso, os estudantes foram convidados a responder voluntariamente a um pequeno questionário de pesquisa, elaborado para avaliar a atividade experimental proposta.

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

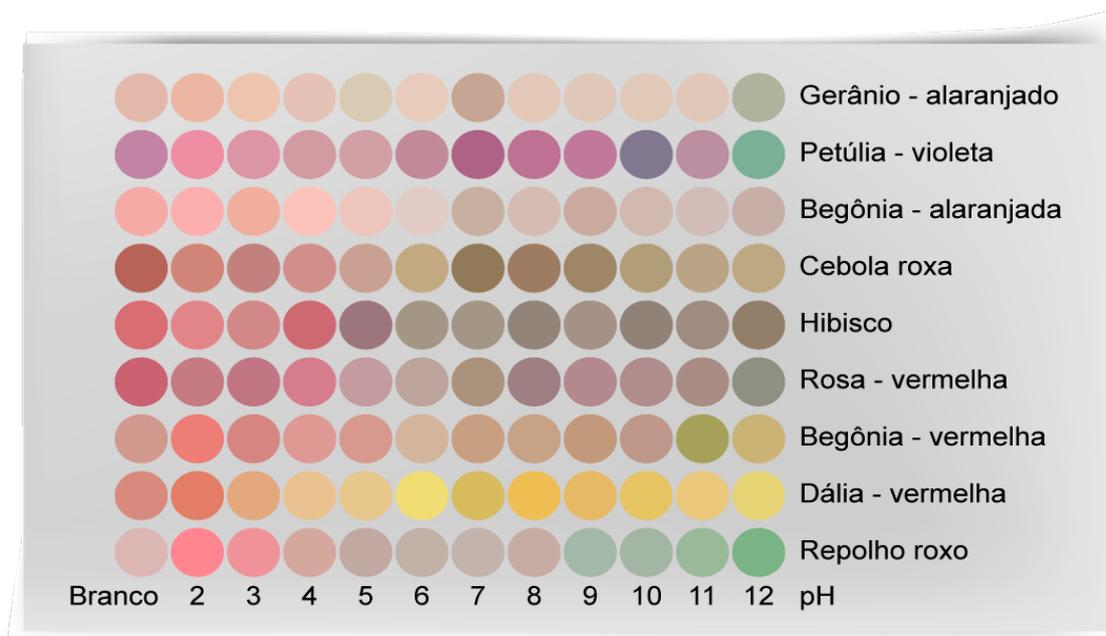
### 3.1 Dispositivos de análise

#### 3.1.1 Extratos naturais e escala padrão de pH

A primeira etapa do trabalho foi dedicada à produção de extratos naturais que respondessem adequadamente como indicadores ácido-base. Para isso foram testados diversos vegetais (legumes, flores, folhas, etc.), a fim de obter mudanças de coloração perceptíveis em função de diferentes pHs. Os nove extratos vegetais que apresentaram resultados satisfatórios foram: repolho roxo, cebola roxa, hibisco, gerânio alaranjado, petúnia violeta, begônia alaranjada, rosa vermelha, begônia vermelha, dália vermelha. A partir dos extratos naturais e das 11 soluções tampão preparadas (pH 2 a 12), foram obtidas as escalas padrões de cor em função do pH, como pode-se observar na Figura 5. Estas escalas são importantes para selecionar os indicadores naturais mais apropriados para o desenvolvimento dos dispositivos. Cabe destacar que podem ser usados outros vegetais, conforme disponibilidade local e

época do ano, tendo em vista que várias espécies de frutas, legumes e flores coloridas são ricas em antocianinas.

Dentre os extratos investigados, aqueles que apresentaram melhores resultados (após aplicação no dispositivo de análise e secagem completa) foram: repolho roxo, cebola roxa e as flores: dália vermelha, rosa vermelha e begônia vermelha. Desta forma, todos os dispositivos de análise foram desenvolvidos empregando-se esses cinco extratos selecionados.



**Figura 5.** Escalas de pH dos extratos indicadores naturais de: gerânio alaranjado, petúnia violeta, begônia alaranjada, cebola roxa, hibisco, rosa vermelha, begônia vermelha, dália vermelha, repolho roxo. Branco: cor do extrato natural (sem adição de solução tampão). As cores apresentadas aqui foram convertidas a partir das fotos originais, utilizando o software Adobe Illustrator.

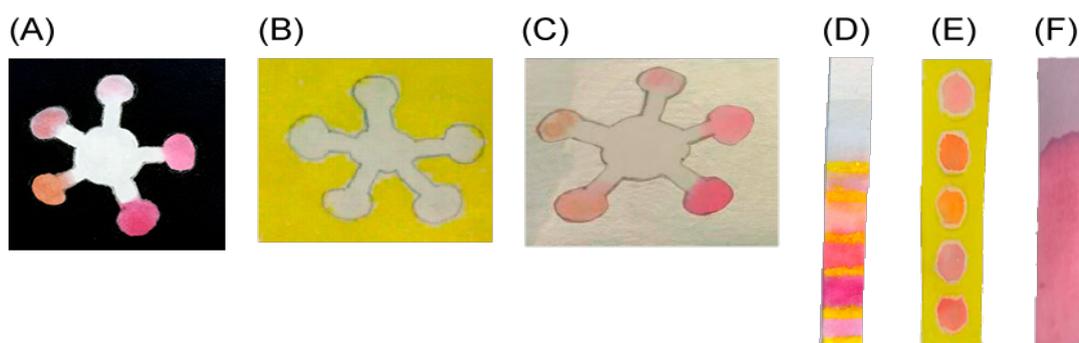
### 3.1.2 Construção de diferentes dispositivos em papel

Inicialmente, 3 tipos de papéis foram avaliados, sendo que o papel filtro qualitativo e o papel de filtro de café ofereceram melhores resultados em comparação ao papel sulfite. Este último apresentou absorção inadequada do material hidrofóbico (cera) e capilaridade ineficiente para o desempenho desejado dos dispositivos, em especial para análise de amostras coloridas.

Neste trabalho, foram desenvolvidos e testados seis tipos de dispositivos em papel (Figura 6), sendo cinco modelos destinados para análises semiquantitativas e um para análise qualitativa.

O dispositivo tipo “A” de análise semiquantitativa em formato de flor, demarcado com pincel marcador permanente (Figura 6-A) mostrou-se um modelo simples e prático. Apresentou respostas nítidas e rápidas, além disso, não houve dificuldade durante a fabricação. Desta forma, a construção desse dispositivo pode ser realizada tanto pelos professores, quanto pelos próprios estudantes, oportunizando desta forma,

que o estudante compreenda todo o processo da atividade experimental. O dispositivo tipo “B” contornado com lápis de cera (Figura 6-B) também apresentou resultados satisfatórios nas análises realizadas. Todavia, a sua construção requer atenção no tempo e temperatura de aquecimento, para não ocasionar uma excessiva fusão e conseqüentemente, invasão da cera na área hidrofílica, inviabilizando a aplicação do dispositivo. O tipo “C” de dispositivo demarcado com recorte/cola sobre uma superfície hidrofóbica (Figura 6-C) também apresentou bons resultados nos testes realizados. Entretanto, a sua construção requer maiores cuidados na etapa da colagem, para que a cola não interfira na região hidrofílica ou ainda com a região de análise, o que poderia causar resultados errôneos.



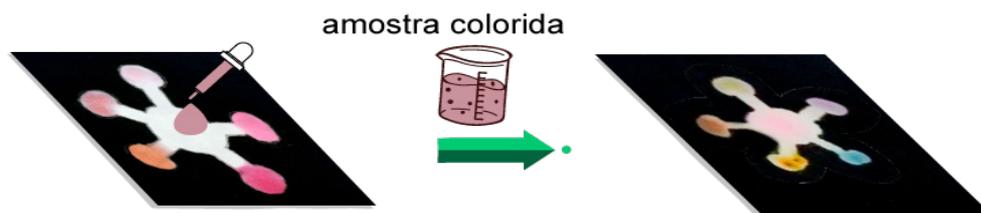
**Figura 6.** Imagens fotográficas dos 6 tipos de dispositivos de análise em papel propostos: Dispositivos de análise semiquantitativos – (A) modelo flor demarcada com pincel marcador permanente; (B) modelo flor demarcada com lápis de cera; (C) modelo flor demarcada com recorte e colada sobre superfície hidrofóbica; (D) modelo fita/tira (similar à tira universal de pH); (E) modelo fita demarcado com lápis de cera em formato de círculos; (F) Dispositivo qualitativo – modelo fita simples (similar ao papel de tornassol).

Os dispositivos semiquantitativos do tipo “D”, similares às fitas universais de pH (Figura 6-D), e do tipo “E”, em formato de círculos (Figura 6-E), mostraram-se bastante práticos para construir e aplicar, fornecendo bons resultados nos testes realizados. A fabricação desses dispositivos também requer atenção na etapa de aquecimento para formação das barreiras hidrofóbicas, tal como nos dispositivos tipo “B”.

O dispositivo qualitativo (tipo “F”, similar ao papel de tornassol) é um modelo extremamente simples e prático para realizar análises (Figura 6-F). Além disso, a sua fabricação é rápida e requer apenas uma tira de papel filtro e um indicador de pH (por exemplo, extrato de repolho roxo). Os dispositivos podem ser fabricados tanto por professores, quanto por estudantes, sem apresentar dificuldades.

Os dispositivos dos tipos “D”, “E” e “F” responderam satisfatoriamente para análises de pH de amostras não muito coloridas (poucos pigmentos), pois não ocorre interferência nos resultados ocasionado pela cor da amostra. Já os dispositivos em formato de flor (tipos “A”, “B” e “C”), baseados na microfluídica em papel, apresentaram as melhores respostas em análises de amostras coloridas. Como se pode observar na Figura 7, ao adicionar a amostra colorida no centro do dispositivo, a maior parte da

pigmentação permanece retida no centro, deste modo, apenas o líquido mais “limpo” da amostra migra por capilaridade até chegar à área com indicador, não havendo assim a contaminação do dispositivo devido à cor da amostra.



**Figura 7.** Imagens do dispositivo em formato de flor (baseado em microfluídica em papel) aplicado na análise de uma amostra colorida (suco industrializado de morango).

Em síntese, todos os dispositivos propostos apresentaram respostas rápidas e eficazes para a análise de pH, podendo ser escolhido o tipo que mais se adéqua à situação de aplicação. Além disso, a construção dos mesmos pode ser realizada pelos próprios estudantes, utilizando materiais acessíveis e de baixo custo, adequado à realidade das escolas públicas brasileiras.

Em adição, estudos de estabilidade (“data de validade”) foram realizados com o objetivo de avaliar quanto tempo esses dispositivos (contendo indicadores naturais) poderiam ser armazenados sem perder suas características, tendo em vista que os extratos vegetais vão se degradando com o passar do tempo. Para isso, foram testados os dispositivos em formato de flor contendo cinco extratos naturais (repolho roxo, cebola roxa, rosa vermelha, begônia vermelha e begônia alaranjada), durante um período de quatro semanas após a sua construção, sendo os mesmos armazenados à temperatura ambiente (em caixa de papelão ou envelope de papel). Os dispositivos foram testados em pH 2 e pH 12 (Figura 8) e apresentaram suas colorações características, indicando que não houve degradação perceptível dentro desse período de avaliação de aproximadamente 1 mês.



**Figura 8.** Teste de estabilidade dos dispositivos de papel em formato de flor contendo os indicadores de repolho roxo, cebola roxa, rosa vermelha, begônia vermelha e begônia alaranjada em solução aquosa de pH 2 e pH 12, respectivamente, realizado após duas semanas (a contar da data da sua construção).

A estabilidade apresentada pelos indicadores naturais é muito interessante para a realização desta prática em sala de aula, pois indica que os dispositivos podem ser construídos e armazenados para sua posterior aplicação. Isso facilita nos casos de curtos períodos de aula, quando este experimento necessita ser realizado em dois ou três momentos, em diferentes dias e/ou semanas. Além disso, não há a necessidade de um espaço específico para sua produção e armazenagem, e também não são utilizados conservantes no preparo dos indicadores e dos dispositivos de papel.

### 3.2 Minicurso “Laboratório de química em papel”

Turmas de estudantes de 1º ano, 2º ano e 3º ano (mistas) participaram do minicurso, com duração total de quatro horas e com a participação de no máximo 25 estudantes por edição.

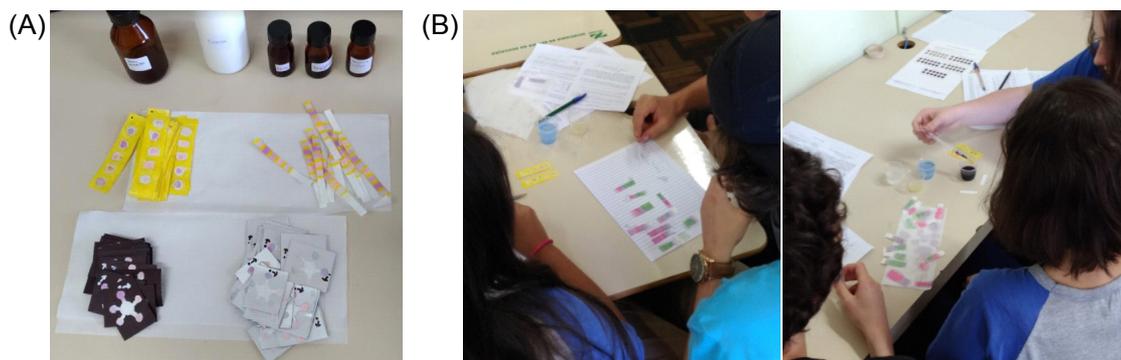
O minicurso teve início com uma discussão a respeito dos conceitos que seriam abordados nos experimentos, como as teorias ácido-base, conceitos de pH e indicadores ácido-base. Assim, pode-se resgatar e reconhecer os conhecimentos prévios dos estudantes, bem como problematizar a respeito das substâncias ácidas e básicas presentes no cotidiano deles.

Para a execução das atividades experimentais, os estudantes se organizaram em pequenas equipes. Cada uma das equipes recebeu um kit com: escala padrão de pH (impressa em cores), amostras de produtos de limpeza e alimentícios (sabão em pó, bicarbonato de sódio, vinagre, refrigerante, suco natural de limão, sucos artificiais de laranja, uva e morango, etc.) e diferentes modelos de dispositivos de análise prontos (Figura 9-A), bem como materiais para a construção de alguns dispositivos, como por exemplo, a fita simples qualitativa (tipo “F”). Para analisar o pH das amostras, os estudantes utilizaram a escala padrão de pH fornecida e compararam com as cores resultantes das amostras em contato com os indicadores impregnados nos dispositivos de papel.

Foram realizadas três atividades experimentais, aplicando os diferentes dispositivos de análise em papel. O primeiro dispositivo utilizado no minicurso foi o modelo fita simples (tipo “F”), o qual foi construído pelos próprios estudantes. Para isso, eles recortaram tiras de papel filtro de café, as quais foram imersas no extrato de repolho roxo e deixadas sobre um guardanapo de papel para secarem ao ar. Após secas, estas fitas foram então empregadas pelos estudantes para análise de amostras de suco de limão e sabão em pó, como pode observado na Figura 9-B. Desta forma, foi possível determinar se as amostras eram ácidas ou básicas, empregando essas fitas indicadoras, que podem ser reproduzidas facilmente em casa (e o melhor, sem o uso de materiais tóxicos).

É importante também destacar que foi orientado aos estudantes que antes de analisar qualquer amostra, eles deveriam anotar, com base nos seus conhecimentos prévios, qual seria o pH aproximado ou caráter ácido/básico das amostras fornecidas.

A ideia era confrontar ou afirmar as informações preconcebidas pelos estudantes a respeito de acidez e basicidade das amostras, comparando-as com os resultados das análises obtidas com os dispositivos de medição de pH.



**Figura 9.** (A) Dispositivos de análise em papel (prontos) que compõem os kits experimentais. (B) Estudantes realizando análises de determinação de pH das amostras de suco de limão e sabão em pó, utilizando o dispositivo qualitativo fabricado por eles com papel filtro de café e extrato de repolho roxo.

No segundo experimento, foram utilizados os dispositivos tipo “D” e “E”, construídos previamente pelos autores deste trabalho e fornecidos aos estudantes, devido ao curto tempo disponibilizado para as atividades. Com estes dispositivos semiquantitativos e as amostras de suco de limão e sabão em pó, os estudantes repetiram o procedimento anterior a fim de comparar o desempenho dos dispositivos (uma vez que o dispositivo tipo “F” era qualitativo, ou seja, só permitia identificar se a amostra era ácida ou básica). Desta forma, os estudantes usaram os dispositivos semiquantitativos e conseguiram obter uma determinação da faixa de concentração de  $H^+/OH^-$  (ou seja, pH aproximado) das amostras, com base na escala padrão (Figura 10).



**Figura 10.** Estudantes executando a segunda atividade experimental, utilizando dispositivos semiquantitativos fabricados com papel filtro, lápis de cera e extratos naturais. Para analisar os resultados obtidos, foram utilizadas escalas padrões de pH para comparação das cores.

No terceiro experimento, foram utilizados os dispositivos fabricados em formato de uma flor (tipos “A” e “C”). Esse modelo mostrou-se bastante útil para amostras que contém pigmentos/corantes em sua composição. Neste caso, adicionou-se a amostra no centro do dispositivo e a maioria dos pigmentos ficaram adsorvidos nesta região

do papel, não contaminando a região de análise. Com esse intuito, os estudantes utilizaram este dispositivo para determinar o pH de amostras de sucos industrializados coloridos artificialmente (tais como, suco de uva, laranja e morango) (Figura 11), e obtiveram resultados satisfatórios.

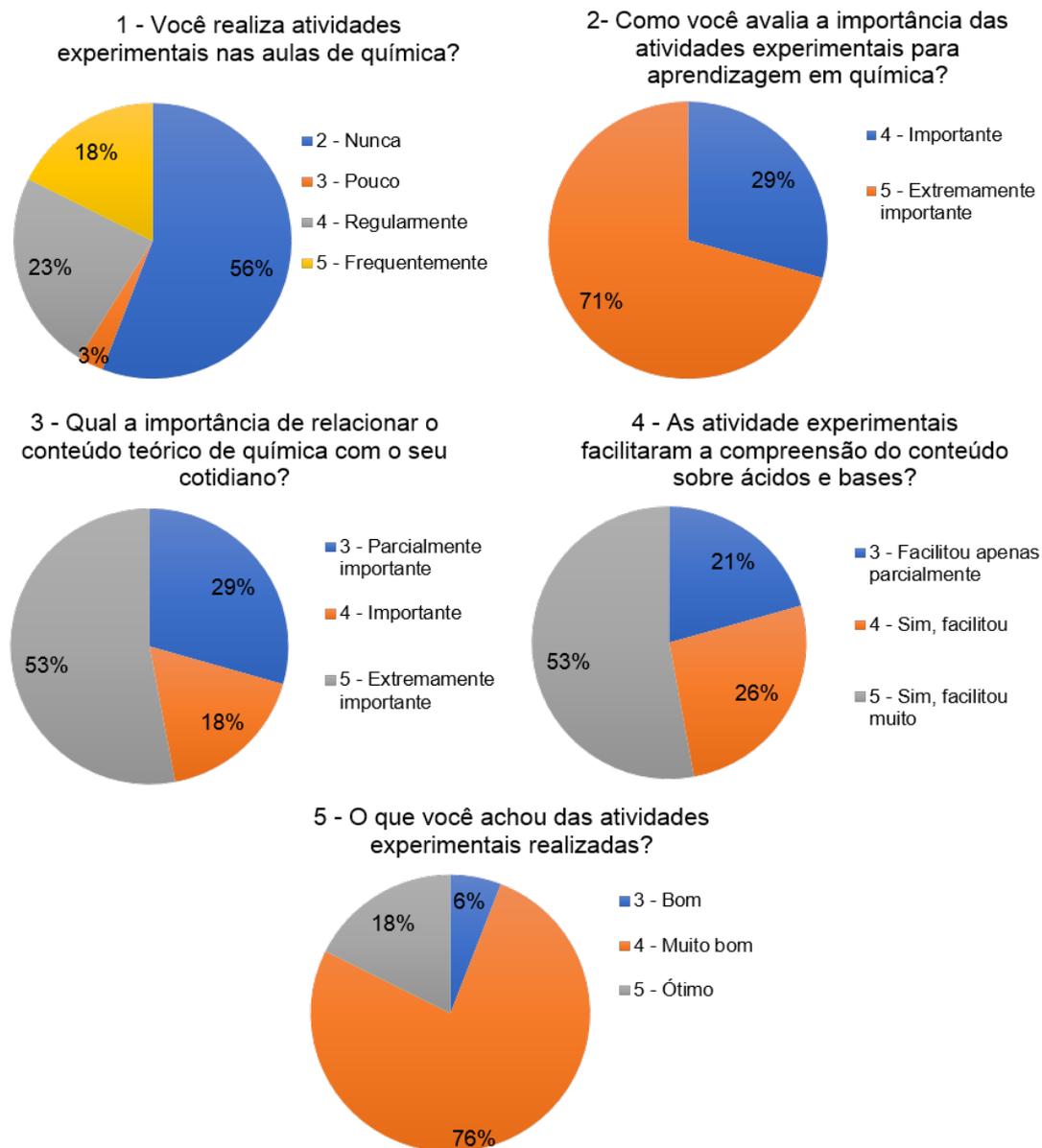


**Figura 11.** Estudantes executando a terceira atividade experimental, utilizando o dispositivo em formato de flor para análise de pH dos sucos industrializados sabor uva, laranja e morango.

Durante o minicurso, os estudantes mostraram-se interessados e dispostos a realizar os experimentos propostos. Todas as atividades programadas foram executadas obtendo-se bons resultados quanto à participação dos estudantes, discussões e questionamentos realizados, e funcionamento dos dispositivos de análises desenvolvidos. Também foi observado que a abordagem inicial envolvendo uma introdução sobre “ácidos e bases” foi relevante para a compreensão de conceitos, bem como, para a conexão entre a prática e o conteúdo teórico.

Ao final do minicurso, com o objetivo de coletar opiniões dos estudantes sobre atividades experimentais e o minicurso oferecido na escola, foi entregue aos participantes um breve questionário. Um total de 53 estudantes devolveu o questionário respondido, sendo que os demais não o fizeram, principalmente devido a limitações de tempo. A Figura 12 apresenta os gráficos construídos a partir das respostas para cada pergunta do questionário aplicado, considerando as notas entre 0 e 5 (sendo 0 = mínimo e 5 = máximo).

As respostas da primeira questão mostram que a maior parte dos estudantes afirmou que nunca realizou atividades experimentais nas aulas de química. De acordo com Silva Júnior e Parreira (2016), a pouca aplicação de atividades práticas nas escolas pode ser justificada pela falta de materiais e infraestrutura disponível, especialmente nas escolas públicas de educação básica. Lisbôa (2015), a partir das suas pesquisas, indicou que a falta de espaços específicos, insegurança de docentes na realização das práticas e excessiva carga horária de trabalho, acaba impossibilitando o preparo de aulas práticas. Vale destacar aqui que o minicurso proposto foi realizado em um laboratório de informática da escola, pois não havia um laboratório específico de Química ou de Ciências, fato que não inviabilizou a execução das atividades. Além disso, é importante ressaltar a importância de desenvolver experimentos que não necessitem de reagentes químicos e materiais sofisticados de laboratório, permitindo assim que escolas com pouco recurso possam oferecer atividades experimentais a seus estudantes.



**Figura 12.** Gráficos construídos a partir das respostas dos estudantes ao questionário aplicado após o minicurso, considerando as notas entre 0 e 5 (sendo 0 = mínimo e 5 = máximo).

A partir das respostas da questão 2, verificou-se que grande parte dos estudantes reconhece a importância das atividades experimentais no processo de aprendizagem dos conteúdos de química. De acordo com Guimarães (2009), a experimentação pode ser uma ferramenta eficiente para a criação de problemas conectados com a realidade do estudante, que promovam a contextualização e, ainda, estimulem a investigação, contribuindo para uma aprendizagem significativa.

De acordo com as Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 2002), a disciplina de Química pode ser compreendida como uma ferramenta de formação humana, que contribui no exercício da cidadania. Nessa direção, o desenvolvimento de práticas pedagógicas que promovam a relação entre os conteúdos científicos e o dia-a-dia dos estudantes se tornam relevantes no processo de ensino-aprendizagem. Nas respostas dos estudantes (questão 3), a

importância de relacionar o cotidiano com as atividades e conteúdos trabalhados em sala de aula é evidenciada, sendo que a maior parte dos estudantes reconheceu essa relação como importante/extremamente importante. Silva Júnior e Parreira (2017) colaboram ao afirmarem que as atividades experimentais são meios de estimular os estudantes a *“tomarem para si a referência do seu cotidiano, sistematizá-la, levá-la de volta em forma de conceitos e conhecimentos construídos para seu dia-a-dia”* (p. 80).

As duas últimas questões (4 e 5) estavam diretamente relacionadas com as atividades experimentais realizadas no minicurso. Observou-se que uma grande parte dos estudantes reconheceu que os experimentos facilitam a compreensão do conteúdo sobre ácidos e bases, e também avaliaram positivamente a proposta experimental realizada. Isso evidencia que é possível a realização de atividades experimentais utilizando materiais baratos e acessíveis, de maneira atrativa para os estudantes e que favoreçam o entendimento da química.

#### 4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os dispositivos de análise em papel propostos neste trabalho podem ser construídos facilmente a partir de materiais acessíveis (tais como, papel filtro, extratos vegetais, marcador permanente, lápis de cera, etc.), sem a geração de resíduos químicos tóxicos. Além disso, os dispositivos baseados em microfluídica em papel se mostraram adequados para análise de amostras contendo corantes, indicando que aliar novas tecnologias para melhoria de experimentos simples pode dar bons resultados.

Esta proposta alternativa de experimentos de baixo custo foi pensada para a aplicação em aulas de química no ensino médio, mas também pode ser explorada para disciplinas introdutórias de química experimental em nível de graduação. Estes experimentos permitem integrar diferentes conteúdos de química, tais como reações de neutralização, equilíbrio químico, interações intermoleculares, indicadores ácido-base, polímeros, corantes, entre outros.

Dentro desta proposta, os próprios estudantes podem realizar a fabricação dos dispositivos, sem a necessidade de laboratórios específicos para construção e/ou aplicação. Estas atividades permitem tornar as aulas de química mais atrativas e dinâmicas, nas quais o estudante participa ativamente dos experimentos e tem contato com materiais e situações típicos do seu cotidiano, facilitando a conexão entre os conceitos científicos e a prática.

#### REFERÊNCIAS

BRASIL. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **PCN+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC, SEMTEC, 2002.

- COSTA, M. *et al.* Low cost, safe, disposable, rapid and self-sustainable paper-based platform for diagnostic testing: Lab-on-paper. **Nanotechnology**, [S.l], v. 25, n. 9, p. 1-12, 2014.
- ESFAHANI, M. M. N. *et al.* Lab-on-a-chip workshop activities for secondary school students. **Biomicrofluidics**, [S.l], v. 10, n. 1, 2016.
- GUIMARÃES, C. C. Experimentação no ensino de química: caminhos e descaminhos à aprendizagem significativa. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 31, n. 3, p. 198-202, 2009.
- GUIMARÃES, W.; ALVES, M. I. R.; ANTONIOSI FILHO, N. R. Antocianinas em extratos vegetais: aplicação em titulação ácido-base e identificação via cromatografia líquida/espectrometria de massas. **Química Nova**, São Paulo, v. 35, n. 8, p. 1673-1679, 2012.
- KOESDJOJO, M. T. *et al.* Cost Effective Paper-Based Colorimetric Microfluidic Devices and Mobile Phone Camera Readers for the Classroom. **Journal of Chemical Education**, Washington, D.C., v. 4, n. 92, p.737-741, 2015.
- LI, X.; BALLERINI, D.; SHEN, W. A perspective on paper-based microfluidics: Current status and future trends. **Biomicrofluidics**, [S. l], v. 6, n. 1, p. 11301-11313, 2012.
- MARTINEZ, A. W.; PHILLIPS, S. T.; WHITESIDES, G. M.; CARRILHO, E. Diagnostics for the Developing World: Microfluidic paper based analytical Devices. **Analytical Chemistry**, [S. l], v. 82, p. 3-10, 2010.
- MORBIOLI G. G. *et al.* Technical aspects and challenges of colorimetric detection with microfluidic paper-based analytical devices ( $\mu$ PADs) – A review. **Analytica Chimica Acta**, [S. l], v. 970, p. 1-22, 2017.
- POURREZA, N.; GOLMOHAMMADI, H. Application of curcumin nanoparticles in a lab-on-paper device as a simple and green pH probe. **Talanta**, [S. l], v. 131, p. 136-141, 2015.
- SILVA JÚNIOR, E. A. da; PARREIRA, G. G. Reflexões sobre a importância da experimentação no ensino da Química no ensino médio. **Revista Tecnica**, Goiânia, v. 1, n. 1, p.67-82, 2017.
- 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.
- WHITESIDES, G. M. The origins and the future of microfluidics. **Nature**, [S.l], v. 442, n. 7101, p. 368-373, 2006.
- XU, Y. *et al.* Lab-on-paper micro- and nano-analytical devices: Fabrication, modification, detection and emerging applications. **Microchimica Acta**, [S.l], v.183, n. 5, p. 1521-1542, 2016.
- YAMAKI, R. T. *et al.* Aplicação de um corante tiazolilazo como indicador ácido-base e determinação das suas constantes de ionização ácida. **Química Nova**, São Paulo, v. 7, n. 32, p.1943-1946, 2009.

## **SOBRE A ORGANIZADORA**

**Carmen Lúcia Voigt** - Doutora em Química na área de Química Analítica e Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Especialista em Química para a Educação Básica pela Universidade Estadual de Londrina. Graduada em Licenciatura em Química pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Experiência há mais de 10 anos na área de Educação com ênfase em avaliação de matérias-primas, técnicas analíticas, ensino de ciências e química e gestão ambiental. Das diferentes atividades desenvolvidas destaca-se uma atuação por resultado, como: supervisora de laboratórios na indústria de alimentos; professora de ensino médio; professora de ensino superior atuando em várias graduações; professora de pós-graduação *lato sensu*; palestrante; pesquisadora; avaliadora de artigos e projetos; revisora de revistas científicas; membro de bancas examinadoras de trabalhos de conclusão de cursos de graduação. Autora de artigos científicos. Atuou em laboratório multiusuário com utilização de técnicas avançadas de caracterização e identificação de amostras para pesquisa e pós-graduação em instituição estadual.

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-290-6

