

Avaliação de medidas de pH de amostras de água mineral engarrafada como proposta para o ensino de ácidos e bases em nível superior

Evaluation of pH measurements of bottled mineral water samples as a proposal for the teaching of acids and bases at a higher level

Evaluación de medidas de pH de muestras de agua embotellada mineral como propuesta para la enseñanza de ácidos y bases a nivel superior

Recebido: 02/02/2022 | Revisado: 07/02/2022 | Aceito: 05/03/2022 | Publicado: 11/03/2022

Geovane Aparecido Ramos da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3749-6938>
Universidade Estadual de Maringá, Brasil
E-mail: geovane.rsilva21@gmail.com

Victor Hugo Maldonado Cruz

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2050-9149>
Universidade Estadual de Maringá, Brasil
E-mail: victor.hugo.maldonado.cruz@gmail.com

Patrícia Daniele Silva dos Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6757-2722>
Universidade Estadual de Maringá, Brasil
E-mail: patriciadanieless@hotmail.com

Patrícia Magalhães de Souza

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5916-0744>
Universidade Estadual de Maringá, Brasil
E-mail: patricia.magalhaes11@hotmail.com

Guilherme Roque Zidiotti

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2332-4986>
Instituto Federal do Paraná, Brasil
E-mail: guilherme_13zidiotti07@hotmail.com

Arthur Marroni Pereira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1751-3219>
Instituto Federal do Paraná, Brasil
E-mail: arthurpemarroni@gmail.com

Cintia Stephany Ripke Ferreira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1055-6558>
Universidade Estadual de Maringá, Brasil
E-mail: cintiastephany@hotmail.com

Ananda Jacqueline Bordoni

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4910-181X>
Universidade Estadual de Maringá, Brasil
E-mail: bordoni.ananda@gmail.com

Jesui Vergílio Visentainer

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3412-897X>
Universidade Estadual de Maringá, Brasil
E-mail: jesuiv@gmail.com

Oscar de Oliveira Santos Júnior

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9631-8480>
Universidade Estadual de Maringá, Brasil
E-mail: oliveirasantos.oscardeoliveira@gmail.com

Resumo

As análises comparativas de pH foram realizadas em água mineral com e sem gás por três métodos distintos: pHmetro, fita indicadora de pH e um indicador universal de pH; apresentamos uma investigação como proposta de auxílio ao ensino das teorias ácido-base para alunos de graduação tendo como tema “Química por trás da água com gás”. Assim, os valores de pH das águas minerais com e sem gás foram medidos e comparados com os valores descritos no rótulo, e uma discussão foi apresentada para cada método empregado para aferir o pH. Foi realizada uma discussão para trazer aos alunos diferentes conceitos ácido-base mais abrangentes, com o objetivo de ampliar seus conhecimentos sobre o assunto e introduzi-los a outros novos assuntos, a partir de uma simples medição de pH e chegando aos cálculos necessários para determinar o teor de CO₂ dissolvido nas amostras de água com gás. Além disso, os dados foram comparados com a legislação em vigor para evitar fraudes. Portanto, nosso artigo cobre

conceitos de ácido-base e expande este assunto para outras áreas da química, utilizando a contextualização como uma estratégia de ensino.

Palavras-chave: Contextualização; Experimentação; Educação em química; pH; Dissolução gasosa.

Abstract

Comparative pH analyses were performed on sparkling and mineral water by three distinct methods: pH meter, pH indicator strips, and a universal pH indicator; to present an investigation as a proposal to aid teaching Acid-Base theories for undergraduate students using “Chemistry behind carbonated waters” as theme. Thus, pH values for carbonated and mineral waters were measured and compared with those described in the label, and a discussion was presented for each method employed to gauge pH. A discussion was held to bring students different, more comprehensive acid-base concepts, aiming to expand their knowledge of the subject, and introduce them to new subjects, starting from a simple pH measurement and reaching the calculations required to determine the content of CO₂ dissolved in carbonated water samples. Furthermore, data were compared with the current legislation to avoid fraud. Hence, our paper covers acid-base concepts and expands this subject to other areas of chemistry by utilizing contextualization as a teaching strategy.

Keywords: Contextualization; Experimentation; Chemistry education; pH; Gas dissolution.

Resumen

Los análisis comparativos de pH fueron realizados en agua mineral con y sin gas por tres métodos distintos: pHmetro, medidor de pH, cinta indicadora de pH y un indicador universal. Presentamos una investigación como propuesta de ayuda a la enseñanza de teorías sobre ácido-base para alumnos de curso universitario/graduación con el tema “Química detrás del agua con gas”. Así, los valores de pH de aguas minerales con y sin gas se midieron y se compararon con los valores descriptos en la etiqueta, se presentó una discusión para cada método utilizado para medir el pH. Se llevó a cabo una discusión para traer a los estudiantes/ los alumnos diferentes conceptos ácido-base más amplios, con el fin de ampliar sus conocimientos sobre el tema e introducirlos en otros temas nuevos, a partir de una simple medición de pH y llegar a los cálculos necesarios para determinar el contenido de CO₂ disuelto en las muestras de agua con gas. Además, los datos fueron comparados con la legislación vigente para prevenir el fraude. Entonces nuestro artículo cubre conceptos ácido-base y expande este tema a otras áreas de la química utilizando la contextualización como estrategia didáctica.

Palabras clave: Contextualización; Experimentación; Enseñanza de la química; pH; Solubilidad de gases.

1. Introdução

Nos dias atuais a contextualização vem sendo cada vez mais utilizada para a elaboração de materiais didáticos. Ao utilizarmos essa abordagem para o Ensino de Química, podemos concebê-la como sendo um princípio norteador, sendo esse um facilitador do aprendizado dos estudantes, os permitindo a assimilação de maneira mais clara dos fatos ou situações do seu dia a dia, pois trata-se de um entendimento com maior complexidade, fazendo a junção de situações presentes no cotidiano do aluno com uma problematização, permitindo assim provocar a busca pela compreensão ao tema de estudo (Wartha *et al.*, 2013).

Do mesmo modo, além do uso da questão problema, no planejamento de materiais com o objetivo da contextualização, podemos citar a importância do uso de estratégias de ensino e aprendizagem, como o questionamento, a experimentação, a discussão entre outras. No presente trabalho, abordaremos a estratégia da experimentação, pois acreditamos que essa possa vir a possibilitar uma melhor compreensão dos conceitos em estudo, despertando a curiosidade do aluno, auxiliando assim para uma aprendizagem mais significativa. Entendemos o termo “aprendizagem significativa” com base nas discussões de Ausubel, o qual afirma que isso ocorre quando uma nova informação e um conceito realmente relevante (subsunçor) interagem entre si, sendo esse conceito subsunçor já existente na estrutura cognitiva do aluno. Assim, por meio dessa interação, essa nova informação é ancorada e então assimilada, ao mesmo tempo em que o entendimento e pensamento do estudante vão sendo modificados. (Melo *et al.*, 2019; Ausubel, 2013).

No âmbito do Brasil, Guimarães (2009) discute a dificuldade de se conseguir uma aprendizagem significativa de conceitos científicos nos alunos, usando como base o ensino tradicional sem a experimentação e a contextualização, pois na maioria das vezes, não são feitas relações entre os conteúdos abordados e o contexto dos alunos, dificultando o processo de ensino do conhecimento e em uma aprendizagem significativa. Assim, evidencia-se a importância de serem utilizadas

estratégias de experimentação, permitindo aos alunos pensarem em situações relacionadas ao seu cotidiano, por meio do análises práticas de ensino (Guimarães, 2009)

Essa forma de abordagem permite despertar no aluno a curiosidade e compreensão da importância do conteúdo aprendido, possibilitando-o, aplicar o conhecimento aprendido em sala de aula em sua vida cotidiana, tornando-se um cidadão mais crítico, pois utiliza esse conhecimento para a análise e resolução de problemas reais, como por exemplo, tomar a decisão de qual um melhor combustível, não somente pelo seu custo, e sim levando em relação aspectos científicos, ambientais e econômicos, aproximando também esse aluno a compreender os conceitos científicos, que pareçam sem solução ou difíceis de entender apenas em teoria (Guimarães, 2009; Hoffmann, 2001; Perrenoud, 1999)

Deste modo, inferimos a relevância do uso da contextualização para a elaboração de materiais didáticos no âmbito do Ensino de Química, neste caso no Ensino de Química Geral no campo do Ensino Superior, pois torna-se um princípio norteador auxiliador na compreensão dos alunos acerca dos conceitos científicos na maioria das vezes abstratos, mas estão presentes no seu dia a dia. Com base nisso, alguns conceitos que normalmente os alunos apresentam dificuldades de compreensão, como no caso de ácidos e bases, onde apresentam dificuldades de aprendizagem acerca das suas reações, podem tornar-se mais significativos (Bertotti, 2011).

De acordo com Adorni e Silva (2021), os profissionais da educação devem criar meios e estratégias com a finalidade de tornar significativa a aprendizagem dos estudantes, promovendo a interação entre os novos conhecimentos com aqueles já existentes na estrutura cognitiva dos estudantes. Uma estratégia já utilizada é fazer com que o aluno veja e reconheça a presença da química no seu dia a dia e como isso é importante para sua formação. Porém, alguns autores afirmam que a antipatia dos estudantes com a disciplina de química é um fato, pois a consideram difícil e complicada, principalmente pelo fato de que cálculos estão envolvidos na disciplina. Assim, os alunos consideram difícil relacionar com o seu dia a dia (Adorni & Silva, 2021)

No Ensino Superior (ES) nas disciplinas de Química Geral, as teorias de ácidos e bases, muitas vezes, são abordadas apenas em teoria, carecendo de experimentos práticos e sem uma aplicação dessas teorias com a vida cotidiana do estudante, tornando assim, muitas vezes, um conteúdo de difícil compreensão. No presente trabalho, utilizaremos algumas definições de ácidos e bases, dentre elas a teoria de Svante August Arrhenius, sendo essa a mais utilizada na Química no nível do ES, principalmente nas disciplinas de Química geral e analítica. Segundo Arrhenius, uma substância é considerada ácida se fosse capaz de formar íons hidrônio (H_3O^+) em solução aquosa e seria considerada básica se fosse capaz de formar íons hidroxila (OH^-) também em solução aquosa (Andrade, 2010).

No entanto, os estudantes apresentam certas dificuldades em aplicar esses conceitos no dia a dia, assim como expressam concepções distorcidas sobre o assunto (Bertotti, 2011; Figueira, 2010; Cardoso *et al.*, 2014). Um exemplo da aplicação do conceito de ácidos e bases no dia a dia do aluno, pode ser a análise do rótulo de uma água mineral com gás normalmente vendida no varejo. Em seu rótulo, essa apresenta a informação de ter um valor de pH (potencial Hidrogeniônico) maior que 7 em algumas marcas (ou seja, apresentaria um caráter básico), ao tempo que por conter dióxido de carbono (CO_2) dissolvido, deveria apresentar um caráter ácido, visto que este gás dissolvido em água, tem a capacidade de reagir para formar o ácido carbônico, dando caráter ácido ao meio. Esse exemplo, possibilitaria o professor questionar o seu aluno como isso seria possível, e auxiliar dando subsídios a eles de como resolver esse problema com base nos conceitos científicos de ácidos e bases. Essa diferença dos rótulos com o conteúdo da embalagem acontece pois principalmente no Brasil, muitas indústrias de água mineral prezam por dizer que o pH medido na água indica caráter alcalino ao meio, considerando esse o ideal para consumo humano. Por conta disso, mesmo com a presença do gás CO_2 dissolvido na água mineral, o que a torna com caráter ácido o rótulo do produto traz sempre o valor de pH da água sem gás, ou seja, o pH apresentado por ela antes de ser adicionado o gás CO_2 .

Assim, o intuito de relacionar determinados conteúdos químicos com aspectos, temas e fatos da vida dos estudantes são descritos em documentos oficiais por meio da contextualização, facilitando a aprendizagem de conceitos químicos e contribuindo de forma significativa para a compreensão da Química na sociedade (Marcano & Schnetzler, 2008; Scaffi, 2010)

Visto isso, o presente trabalho tem como objetivo apresentar uma investigação de uma proposta para o ensino da teoria de ácidos e bases para o ES, utilizando como base o tema “A Química da água com gás vendida comercialmente”, onde foram avaliados e comparados os valores de pH informados nos rótulos de algumas embalagens de água mineral disponíveis no mercado, com o valor experimental aferido por meio de três diferentes metodologias de medição de pH para amostras de água mineral com gás e sem gás, a fim de identificar qual método poderia ser utilizado em aula do ES de Química Geral levando em consideração a facilidade e o custo de cada método, possibilitando assim, abordar o ensino do conceito, por meio experimental.

2. Proposta de Ensino

O objetivo de um experimento envolvendo medidas de pH de águas minerais gaseificadas e não gaseificadas por meio de diferentes métodos de medição não é apenas introduzir conceitos acerca de acidez e basicidade de substâncias químicas, mas abordar e aprofundar de fato conceitos importantes de química que passam despercebidos ou são abordados de maneira superficial em disciplinas de Química Geral e Inorgânica vistas nos primeiros anos do ensino superior. Assim, conceitos relevantes acerca desse conteúdo podem ser abordados através da medição de pH por meio de instrumentos que podem ser utilizados na sala de aula.

As definições dos conceitos de ácidos e bases estão em uma posição de destaque na química, haja vista seu caráter organizador. Ademais, são conceitos bastante presentes tanto no ensino médio, bem como no ensino superior. Nos cursos de ensino superior que envolvem as disciplinas de química geral, inorgânica, orgânica e analítica o estudo das definições ácido-base estão sempre presentes, como as teorias Arrhenius, Brønsted-Lowry, Pearsons, Lewis, entre outras. No entanto, apesar de muitas teorias serem explicadas no ES, esbarramos no problema de que a grande maioria dos estudantes que ingressam no ES trazem consigo uma certa compreensão defasada dessas teorias ácido-base presentes no âmbito da química, uma vez que têm o conhecimento apenas da teoria de Arrhenius é explicada nas disciplinas de química para o ensino médio. Assim, são necessárias estratégias para suprir essa defasagem, sendo a contextualização e experimentação potenciais estratégias para isso (Silva *et al.*, 2014)

De acordo com Bachelard (2001), a ação de conhecer algo novo requer constantemente que um conhecimento anterior seja confrontado, em um processo de desconstrução daquilo que ainda ficou mal formado. Assim, é necessário que o estudante não seja tratado como uma tábula rasa, mas sim que possui conhecimentos já estabelecidos pelo senso comum, ou mesmo pela escola. No entanto, quando esses conhecimentos não são criticados e confrontados, podem acarretar obstáculos no processo de construção do conhecimento científico. Dessa forma, quando nos acomodamos com um determinado conhecimento científico e não questionamos aquele novo que surge, isso é chamado de obstáculos epistemológicos.

Portanto, os experimentos realizados neste trabalho atuariam justamente como uma estratégia de ensino, visando a experimentação no ensino dos conteúdos de ácidos e bases, uma vez que vai na contramão do comodismo do ensino tradicional. Além disso, cálculos químicos e matemáticos podem ser realizados para auxiliar o entendimento de alguns conteúdos, como é realizado no presente trabalho, mas que geralmente não são abordados junto ao ensino da química geral e analítica qualitativa.

Todos os experimentos foram realizados pelos pesquisadores e relatados como proposta de ensino para professores das disciplinas de química nos cursos de ensino superior. Podendo ser aplicados em uma aula experimental nas disciplinas de química geral e inorgânica, bem como em disciplinas de química analítica e ambiental, quando convir. Como forma de

ofereceruma problemática a professores foi proposta a seguinte situação problema.

A água mineral é amplamente consumida por grande parte da população e muitas pessoas são atraídas pela informação visível que estão nas garrafas, entre elas, o valor do pH indicando que aquela água engarrafada é de caráter básico. Porém, sabe-se que, águas minerais não gaseificadas e gaseificadas, contém gás carbônico e que o mesmo é um gás que, ao reagir com a água, torna o ambiente com caráter ácido. Assim, como seria possível que uma água mineral gaseificada apresentasse $\text{pH} > 7,0$?

A partir dessa problemática, sugere-se que os professores realizem a determinação dos valores de pH de águas minerais gaseificadas e não gaseificadas e proponha aos alunos uma discussão acerca desses assuntos, com reações químicas e cálculos, se necessário. Vale ressaltar que o trabalho não foi aplicado em sala de aula, tratando-se apenas de uma proposta de ensino.

Além disso, existem alguns métodos de determinação de valores de pH, desde os mais baratos até os mais caros e sofisticados. Sugere-se então, que os professores realizem com os alunos as medições por meio de três métodos mais conhecidos: pHmetro, fita indicadora e solução indicadora universal. Com isso, a aula (ou uma sequência de aulas) seria fundamentada na discussão dos conteúdos das funções inorgânicas e medições de pH de soluções, mesclando entre teoria e experimentação. Além disso, tratando-se da reação entre o CO_2 e a água, por meio de cálculos envolvendo equilíbrio químico, seria possível descobrir e analisar a concentração de CO_2 que estaria dissolvida na água analisada. Vale ressaltar que o trabalho não foi aplicado em sala de aula, tratando-se apenas de uma proposta de ensino.

Portanto, há uma etapa experimental, em que são analisadas amostras comerciais de água mineral gaseificada e não gaseificada, a fim de verificar os valores de pH, além de quais amostras seriam ácidas e quais as quantidades de CO_2 que estariam presentes nas amostras gaseificadas, desta forma, contemplando vários conteúdos do ensino de química por meio de experimentos simples que podem ser realizados na própria sala de aula.

3. Parte Experimental

3.1 Amostras

As amostras de água mineral com e sem gás foram compradas em mercado local na cidade de Maringá (Paraná, Brasil) para as análises foram adquiridos 2 lotes distintos e 6 marcas diferentes de água, totalizando 24 garrafas de água mineral de 500 mL. As amostras foram codificadas como “SA” e “SB” para os dois lotes das águas sem gás; e “CA” e “CB” para os lotes das águas com gás e foram analisadas imediatamente após a compra no laboratório de águas e alimentos da Universidade Estadual de Maringá (Maringá, Paraná, Brasil)

3.2 Determinação do pH

Para as análises das amostras de água com e sem gás, 50 mL de água mineral foram colocados em um béquer e submetidos à análise por meio de pHmetro e da fita indicadora. Ressaltamos o uso dessas análises para todas as amostras, uma vez que se tornarão nossos padrões de análise, para podemos testar quais os tipos de análises serão mais eficazes para o uso em sala de aula. Sendo assim, após a análise padrão das amostras, posteriormente foi realizada a análise com a solução indicadora universal. A medida do pH utilizando os três métodos foi realizada de maneira sequencial, logo após a embalagem da amostra ser aberta.

3.3 Método do pHmetro

Para as medidas de pH das amostras por meio do pHmetro, utilizamos um pHmetro (Digimed DM-22) com eletrodo de pH (DME-CV1) do tipo escoamento, com corpo de vidro, junção líquida de cerâmica pontual, sistema de referência formado por Ag/AgCl protegido por barreira iônica e controlador de temperatura, presente junto ao eletrodo. O mesmo foi calibrado com soluções tampão de pH = 4 e pH = 10, sendo a leitura feita a 25,0 °C ($\pm 0,1$ °C), sem agitação.

3.4 Método da fita indicadora

Foi utilizada fita indicadora (Marca Macherey-Nagel – Alemanha), sendo submetidas às determinações de pH das amostras e comparadas com uma tabela fornecida na própria embalagem da fita indicadora, para indicar o pH.

3.5 Método da solução indicadora

Foi empregada uma solução indicadora (Marca Dinâmica), sendo gotejadas 3 gotas em 50 mL de amostra e observada a coloração final, a fim de determinar um valor de pH para as amostras analisadas.

3.6 Desgaseificação da água com gás

O processo de desgaseificação foi realizado por meio de ultrassom (Elma Schmidbauer GmbH, modelo P30H), com controle de temperatura e frequência, sendo anotado o tempo necessário para que a formação de bolhas na amostra fosse cessada. Assim, o pH foi medido antes da desgaseificação (utilizando pHmetro, fita indicadora e solução indicadora) e após a desgaseificação (apenas com pHmetro) a fim de verificar o pH da água com gás, ou seja, na presença de gás carbônico (CO₂) dissolvido e após a retirada desse CO₂ do sistema, verificando se a água voltaria a um pH próximo ao que seria o pH de uma água sem gás.

3.7 Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e os valores foram comparados por meio do teste de Tukey ao nível de 95% de confiança, utilizando o software Assistat 7.7.

4. Resultados e Discussão

Os resultados das medidas estão expressos na Tabela 1.

Tabela 1. Valores de pH das águas minerais com gás e sem gás medidos por meio de pHmetro, indicador universal e fita indicadora.

Amostra	pH do rótulo	pHmetro	Indicador Universal	Fita Indicadora
1SA	10,00	9,95±0,05 ^a	10,00±0,00 ^a	8,00±0,00 ^b
1SB	10,00	9,94±0,02 ^a	10,00±0,00 ^a	8,00±0,00 ^b
2SA	8,45	8,33±0,01 ^a	8,0±0,6 ^b	6,00±0,00 ^c
2SB	8,45	8,51±0,04 ^a	8,00±0,00 ^b	6,00±0,00 ^c
3SA	6,93	7,17±0,03 ^a	7,00±0,00 ^b	7,00±0,00 ^b
3SB	6,93	7,28±0,02 ^a	7,0±0,6 ^b	6,00±0,00 ^c
4SA	7,60	7,93±0,06 ^a	7,00±0,00 ^b	7,00±0,00 ^b
4SB	7,60	7,93±0,03 ^a	7,00±0,00 ^b	7,00±0,00 ^b
5SA	7,40	7,14±0,05 ^a	7,0±0,6 ^a	7,00±0,00 ^a
5SB	7,40	7,16±0,03 ^a	7,0±0,6 ^a	7,00±0,00 ^a
6SA	7,10	7,33±0,04 ^a	7,00±0,00 ^b	7,00±0,00 ^b
6SB	7,10	7,24±0,04 ^a	7,00±0,00 ^b	7,00±0,00 ^b
1CA	10,00	4,91±0,04 ^a	5,00±0,00 ^a	5,00±0,00 ^a
1CB	10,00	4,97±0,16 ^a	5,00±0,00 ^a	5,00±0,00 ^a
2CA	8,45	4,71±0,08 ^a	5,00±0,00 ^a	5,00±0,00 ^a
2CB	8,45	4,67±0,08 ^b	4,00±0,00 ^a	4,00±0,00 ^a
3CA	6,93	4,90±0,03 ^b	4,00±0,00 ^a	5,00±0,00 ^c
3CB	6,93	4,92±0,01 ^a	5,00±0,00 ^a	5,00±0,0 ^a
4CA	7,60	4,89±0,02 ^b	4,0±0,6 ^a	5,00±0,00 ^c
4CB	7,60	4,74±0,05 ^b	4,0±0,6 ^a	5,00±0,0 ^c
5CA	7,40	4,47±0,01 ^a	4,0±0,6 ^a	5,00±0,00 ^b
5CB	7,40	4,45±0,03 ^a	4,0±0,6 ^a	5,00±0,00 ^b
6CA	7,10	4,13±0,06 ^a	4,00±0,00 ^a	4,00±0,00 ^a
6CB	7,10	4,20±0,04 ^a	4,00±0,00 ^a	4,00±0,00 ^a

Na análise estatística (N=3) os resultados foram comparados por meio do teste de Tukey ao nível de 95% de confiança, os valores de médias que contém coeficientes iguais em cada linha não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade, considerando análise comparativa entre os três métodos de medição de pH. Fonte: Autores.

4.1 Comparação entre os métodos de medição de pH

De acordo com resultados expressos na Tabela 1, as amostras de água mineral sem gás apresentaram valores de pH aproximados aos descritos no rótulo, quando medidos com pHmetro, solução indicadora ou fita indicadora, exceto para as amostras 1SA, 1SB, 2SA e 2SB, apresentaram resultados diferentes do descrito no rótulo do produto. Em todas as amostras de água com gás, foram obtidos valores na mesma faixa de pH, tanto nas medições com o pHmetro, quanto com indicador universal e fita indicadora. Portanto, utilizar o indicador universal ou fita indicadora pode ser uma alternativa em relação a análise de acidez ou basicidade de uma substância, o que torna seu uso útil em sala de aula, pois tratam-se de métodos rápidos e acessíveis economicamente, uma vez que seu custo aproximado está em torno de R\$ 40,00 a R\$ 60,00, muito abaixo em comparação com o valor de um pHmetro digital de bancada, que possui o custo aproximado entre de R\$ 1450,00 a R\$ 2000,00. Em relação a Universidades com baixo poder aquisitivo, vale ressaltar que o indicador universal pode ser preparado em laboratório, tornando assim, o uso desse método mais acessível em relação aos demais apresentados até então. Como os resultados obtidos utilizando a solução indicadora e o pHmetro não diferiram significativamente ao nível de 5% de probabilidade ($p > 0,05$), podem ser considerados métodos equivalentes para medição de valores de pH em amostras aquosas. No entanto, para algumas amostras, os resultados referentes à fita indicadora diferiram significativamente, indicando que esse método pode estar relacionado a possíveis erros de análise.

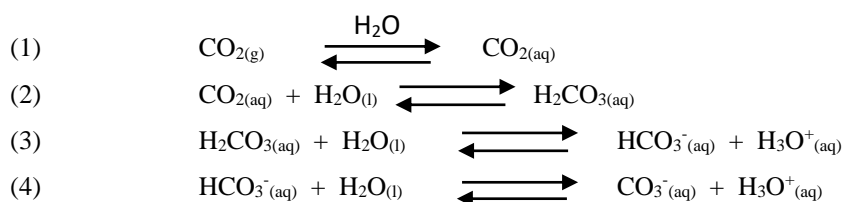
Considerando que a utilização de itens presentes no dia a dia dos alunos é uma estratégia eficiente para o aprendizado dos conteúdos envolvidos, uma alternativa barata e simples seria o uso de indicadores naturais, uma vez que se assemelha muito ao indicador universal e apresenta uma cor específica para cada valor de pH (Uchôa *et al.*, 2016). Nessa linha, a utilização de extrato de repolho roxo, beterraba, uva, corantes de pétalas de flores, entre outras coisas que podem ser utilizados como indicadores ácido-base, pois são capazes de demonstrar ao aluno a condição de acidez do meio em que são inseridos, avaliando isso por meio da coloração observada em determinados valores de pH (Uchôa *et al.*, 2016; Couto *et al.*, 1998; Ramos *et al.*, 2000).

A proposta de investigação para o ensino de ácidos e bases, apresentada no presente trabalho, permite o uso da análise do pH por meio dos diferentes métodos utilizados (indicador universal e fita indicadora), mas também permite o uso de indicadores naturais. Na literatura é possível encontrar a escala de pH que esses indicadores naturais apresentam, desse modo, seu uso permite aos alunos analisem o pH presente nas amostras de água apresentadas antes e após a degaseificação, permitindo por meio dessa, analisar o porque o resultado obtido é diferente do apresentado pelo rótulo.

A utilização desses indicadores de pH pode ser explorada de maneira didática, partindo desde a etapa de obtenção e preparo desses indicadores, até a caracterização das colorações que cada um viria a apresentar em determinados valores de pH. Assim, atividades experimentais poderiam ser planejadas e elaboradas a fim de enfatizar a experimentação e aprimorar a contextualização no ensino de química, visando a abordagem de vários conteúdos, como a separação de misturas, equilíbrio químico, indicadores de pH, reações ácido-base, entre outros (Uchôa *et al.*, 2016; Terci e Rossi, 2002)

4.2 Avaliação do pH das águas com gás

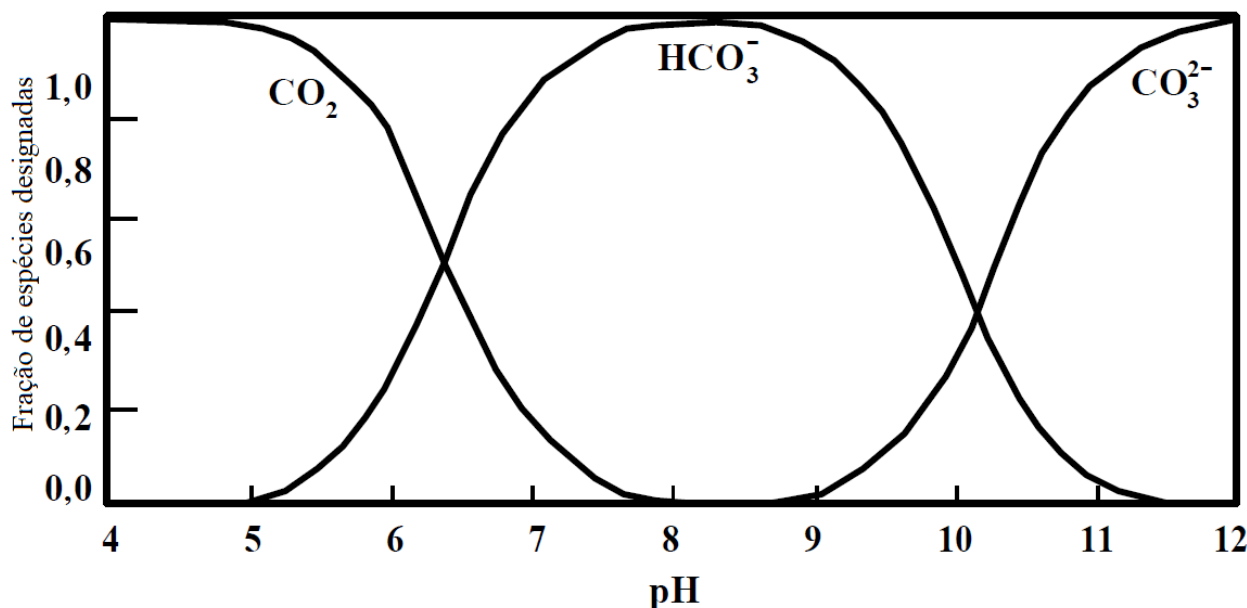
De acordo com a Resolução RDC 274/2005, uma embalagem de água mineral deve conter informações como data de fabricação e validade da água, a informação “com gás” ou “sem gás” e o valor de pH da água, não necessariamente daquela água com gás, mas pode apresentar o pH da água anteriormente ao processo de gaseificação (BRASIL, 2005). Para as amostras de água com gás, todas apresentaram inconsistência dos valores medidos por meio de pHmetro e indicador universal em comparação com os valores apresentados pelo rótulo do produto, sendo que um exemplo disso foram as amostras 1CA e 1CB, que apresentaram valores de pH experimental próximos a 5,00, enquanto o rótulo do produto indicava um pH = 10,00. No entanto, de acordo com Manahan (2013), o gás carbônico (CO₂) pode se dissolver na água (1), podendo posteriormente reagir com a água, formando o ácido carbônico (2). Esse ácido carbônico, por sua vez, é capaz de se ionizar, gerando íons H⁺ (3 e 4), sendo que quando isso ocorre a água passa a apresentar certa acidez, como pode ser demonstrado nas reações a seguir (Manahan, 2013)



Portanto, já era de se esperar que as amostras de água com gás apresentassem valores de pH que indicassem o meio ácido, como mostram os valores expressos na Tabela 1. Essa informação, como já descrito, não condiz com o valor de pH informado no rótulo do produto e, apesar da Resolução RDC 274/2005 não descrever como obrigatoriedade a informação do pH da água com gás no rótulo do produto, mas sim da água antes da gaseificação, uma informação desconhecida pelo consumidor final, que compra o produto com a finalidade de que estaria adquirindo um produto com caráter alcalino (Brasil, 2005).

Vale ressaltar que, segundo o diagrama de distribuição das espécies de CO_2 , HCO_3^- , e CO_3^{2-} , que pode ser observado na Figura 1, não seria possível que uma água com gás apresentasse pH alcalino, uma vez que a espécie CO_2 só estaria presente na água, mesmo que em concentrações muito baixas, em pH abaixo de 7,7. É importante ressaltar, ainda, que a concentração de CO_2 aumenta acima da metade quando o pH atinge o valor do pKa do CO_2 (6,35). No âmbito de equilíbrios químicos, realização dos cálculos e análise dos gráficos, utilizamos como base o programa CurTiPot®, desenvolvido pelo professor Ivano Gutz, do Instituto de Química da Universidade de São Paulo (Manahan, 2013; Gutz, 2021)

Figura 1. Diagrama de distribuição de espécies para o sistema CO_2 , HCO_3^- , e CO_3^{2-} em água.



Fonte: Adaptado de Manahan (2013).

Dessa maneira, é possível uma crítica a Resolução RDC 274/2005, visto que uma informação correta de valores de pH do produto deve ser passada ao consumidor, pois a grande maioria não têm o conhecimento técnico necessário para avaliar esse tipo de informação.

4.3 Determinação do pH das amostras degaseificadas

Após a medição do pH das amostras de água com gás, as mesmas foram submetidas a ultrassom para degaseificação, sendo que após isso o pH das amostras foi medido novamente. Para as amostras 2, 3 e 4 CA e CB, após a degaseificação, o pH apresentou valor igual ou um pouco superior ao valor do rótulo, o que condiz com a Resolução RDC 274/2005 para informações de pH no rótulo do produto. No entanto, para as amostras 1, 5 e 6 CA e CB, os valores de pH após a degaseificação não foram condizentes com o valor informado no rótulo, contradizendo a Resolução RDC 274/2005, o que pode ser um problema, já que para esses lotes de tais amostras, tanto a água com gás e após degaseificação não apresentaram valores de pH condizentes ao rótulo, passando então informações equivocadas ao consumidor final.

Dessa maneira, tais reações apresentadas acima para a explicação da acidez da água com gás, pode ser introduzida ao conteúdo de estudo de ácidos, bases, determinações de pH, entre outros, acarretando em uma contextualização de tais conteúdos com experiências que o estudante possa ter na sua vida cotidiana. As reações mostradas no presente trabalho são explicadas exclusivamente pela teoria de Brønsted-Lowry, visto que a molécula de CO_2 não possui prótons para doar e nem receber, impossibilitando que seja explicado por outras teorias ácido-base (Manahan, 2013). Assim, em um simples experimento de medidas de pH de águas minerais com gás, vários conteúdos podem ser abordados com o propósito de

contextualizar o conhecimento científico com o a experimentação no ensino de química, além e levar alunos de ensino superior a pensarem em outras teorias para tal conteúdo, pois muitos alunos que entendem que existe apenas tal teoria para explicar ácidos e bases.

4.4 Relação entre o tempo de ultrassom e concentração de CO₂

Como mencionado anteriormente, as amostras de água com gás passaram por um processo de degaseificação e o tempo necessário para que isso ocorresse foi medido e os valores são expressos na Tabela 2. É importante lembrar que a temperatura foi controlada a 25 °C durante todo o processo.

Tabela 2. Tempo de ultrassom para degaseificação das amostras de água mineral com gás.

Amostra	pH do rótulo	pH antes da degaseificação	pH após degaseificação	Tempo de ultrassom (em segundos)
1CA	10,00	4,91	8,33	311,67 ^a
1CB	10,00	4,97	7,96	292,33 ^b
2CA	8,45	4,71	8,34	298,33 ^b
2CB	8,45	4,67	7,99	285,33 ^b
3CA	6,93	4,90	6,93	250,33 ^c
3CB	6,93	4,92	6,52	252,67 ^c
4CA	7,60	4,89	8,52	294,33 ^b
4CB	7,60	4,74	8,49	292,67 ^b
5CA	7,40	4,47	5,64	231,67 ^d
5CB	7,40	4,45	5,49	217,33 ^e
6CA	7,10	4,13	5,11	225,00 ^{de}
6CB	7,10	4,20	5,06	239,33 ^{cd}

Os valores de médias que contém coeficientes iguais na última coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade.
Fonte: Autores.

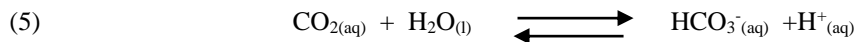
É possível observar que, de acordo com os dados expressos na Tabela 2, as águas 1, 2 e 4 CA e CB requeriram um maior tempo de ultrassom para a degaseificação completa da água. Visto que essas foram as amostras que apresentaram os maiores valores de pH após a degaseificação e, como todas as águas analisadas estavam com valores de pH entre 4,13 e 4,97, ou seja, valores muito próximos, as amostras citadas acima foram as que apresentavam maiores teores de CO₂, seja este CO₂ dissolvido ou não na bebida. Assim, para 1 e 2 CA e CB, por exemplo, que informavam valores de pH = 10,00 e 8,45 no rótulo, seria necessária uma quantidade maior de CO₂ dissolvido na amostra 1 em comparação com amostra 2 para que ambas chegassem a apresentar pH em torno de 4,5. Assim, foi possível observar que as amostras que apresentaram maiores valores de pH após degaseificação foram as que necessitaram também de um maior tempo para que todo o gás fosse retirado da solução.

Vale ressaltar que a medida de pH após a degaseificação foi realizada somente com o pHmetro, pois foi considerada apenas a avaliação da água mineral e o seu valor de pH após a degaseificação. Não utilizamos os outros métodos para medição nesta etapa do trabalho pois não havia intenção de comparação dos métodos, mas sim apenas avaliação dos valores antes e após a degaseificação.

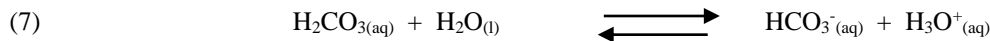
4.5 Calculando a concentração e a fração (α) de CO₂ nas amostras a partir do pH

Nos experimentos realizados no presente trabalho, valores de pH para amostras de águas gaseificadas foram obtidos, que são descritos na Tabela 2. Sabe-se que, analisando os valores de pH das amostras gaseificadas, todas apresentaram acidez considerável e mediante pH de uma amostra, é possível calcular a concentração de íons hidrogênio e posteriormente a

concentração de CO₂ dissolvido. Segundo Manahan (2013), o sistema CO₂ – HCO₃⁻ – CO₃²⁻ em água pode ser enunciados pelas seguintes equações:



$$(6) \quad K_{a1} = \frac{[\text{H}^+][\text{HCO}_3^-]}{[\text{CO}_2]} = 4,45 \times 10^{-7} \quad \text{p}K_{a1} = 6,35$$



$$(8) \quad K_{a2} = \frac{[\text{H}^+][\text{CO}_3^{2-}]}{[\text{HCO}_3^-]} = 4,69 \times 10^{-11} \quad \text{p}K_{a2} = 10,33$$

Na equação (6) é possível visualizar a constante de acidez (K_{a1}) referente a equação (5), em que se pode observar que o termo que determina a concentração de íons hidrogênio [H⁺] é apresentado, sendo possível usar essa informação para futuros cálculos (Manahan, 2013) Assim como a concentração de hidrogênio pode ser calculada partindo de valores de pH (-log[H⁺]) e tomando como exemplo valor de pH = 4,91 obtido da amostra 1CA é possível determinar um valor de [H⁺].

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$$

$$[\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}}$$

$$[\text{H}^+] = 10^{-4,91}$$

$$[\text{H}^+] = 1,23 \times 10^{-5} \text{ mol L}^{-1}$$

No equilíbrio, as concentrações de [H⁺] e [HCO₃⁻] podem ser consideradas iguais. Assim, com o valor da concentração H⁺ obtido e usando a equação (6), a concentração de CO₂ pode ser calculada (MANAHAM, 2013):

$$[\text{CO}_2] = \frac{[\text{H}^+][\text{HCO}_3^-]}{K_{a1}}$$

$$[\text{CO}_2] = \frac{[1,23 \times 10^{-5} \text{ mol L}^{-1}][1,23 \times 10^{-5} \text{ mol L}^{-1}]}{[4,45 \times 10^{-7}]}$$

$$[\text{CO}_2] = 3,40 \times 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}$$

Portanto, através da equação de equilíbrio da equação (5), expressa na equação (6), e com os valores de K_{a1} e [H⁺], foi possível encontrar a concentração de CO₂ dissolvido nas amostras de água mineral com gás.

Além dos cálculos expressos acima, é possível, ainda, calcular a fração de CO₂ nas amostras. Sabe-se que a fração de CO₂ pode ser descrita pela seguinte expressão:

$$\alpha_{\text{CO}_2} = \frac{[\text{CO}_2]}{[\text{CO}_2] + [\text{HCO}_3^-] + [\text{CO}_3^{2-}]}$$

Substituindo as equações de K_{a1} e K_{a2} ((5) e (6), respectivamente), na expressão de α_{CO₂}, a fração da espécie de CO₂ pode ser descrita como função das constantes de dissociação ácida e concentração de H⁺.

$$\alpha_{\text{CO}_2} = \frac{[\text{CO}_2]^2}{[\text{H}^+]^2 + K_{a1} [\text{H}^+] + K_{a1} K_{a2}}$$
$$\alpha_{\text{CO}_2} = \frac{[1,23 \times 10^{-5} \text{ mol L}^{-1}]^2}{[1,23 \times 10^{-5} \text{ mol L}^{-1}]^2 + (4,45 \times 10^{-7})[1,23 \times 10^{-5} \text{ mol L}^{-1}] + (4,45 \times 10^{-7})(4,69 \times 10^{-11})}$$
$$\alpha_{\text{CO}_2} = 0,93$$

O valor de α_{CO_2} encontrado foi de 0,93, o que condiz com o a Figura 1, sendo o valor de 0,93 para α_{CO_2} condizente com um valor de pH abaixo de aproximadamente 5,5. Com isso, é possível provar que não há a possibilidade de uma água gaseificada apresentar valores de pH básicos, como indicado em alguns rótulos de água mineral com gás.

5. Conclusão

De acordo com os resultados obtidos, pode-se concluir que a utilização de estratégias que envolvem a contextualização e experimentação pode ser bastante viável no ensino de química, uma vez que os conteúdos são compreendidos e fixados com maior eficiência. Visto que os resultados obtidos com a solução indicadora universal indicaram a acidez ou basicidade das amostras, utilizar esse método de medição de pH pode ser uma alternativa para levar e abordar a experimentação e a contextualização em Universidades que não possuam recursos suficientes para adquirir equipamentos caros e sofisticados.

Nos resultados obtidos na análise comparativa com os rótulos, as amostras de água sem gás apresentaram valores de pH condizentes com os valores expressos nos rótulos, mas as amostras de água com gás apresentaram discrepância considerável dos rótulos, sendo que todas apresentaram pH ácido. Analisando a Resolução RDC 274/2005, os fabricantes de água mineral precisam expressar o valor do pH da água sem gás no rótulo e não necessariamente da água com gás, mas por mais que as amostras estejam de acordo com a resolução, muitos consumidores são leigos e pensam estar adquirindo uma água gaseificada com pH básico.

No presente trabalho, a parte experimental contou com medições de pH das amostras de água com gás e sem gás por meio de dois métodos diferente e por meio dessas análises foi possível calcular a concentração de gás carbônico dissolvido nas amostras, além da fração de CO_2 . Com isso, foi possível comprovar que não seria possível a água gaseificada apresentar pH básico.

Com isso, esperamos apresentar uma proposta de ensino para que sirva como base para futuros trabalhos em conteúdos diversos da química, tanto para ensino médio quanto para ensino superior. Além disso, esperamos que este trabalho sirva como uma estratégia para que professores e profissionais da educação possam utilizá-lo para que apliquem a contextualização e a experimentação no ensino de química.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e à Fundação Araucária de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Paraná pelo suporte financeiro.

Referências

Adomi, D. S., & Silva, M. B. (2021) Contextualização dos conteúdos de química e motivação para a aprendizagem: sob a perspectiva dos estudantes do ensino médio. *Química: ensino, conceitos e fundamentos. Editora Científica Digital*. Guarujá – SP.

- Andrade, J. C. (2010) Química Analítica Básica: Os conceitos acido-base e a escala de pH. *Chemkeys - Liberdade para aprender*.
- Ausubel, D. P. (2003). *Aquisição e Retenção de Conhecimentos: Uma Perspectiva Cognitiva*.
- Bachelard, G. (2001). *O novo espírito científico*, Tempo Brasileiro.
- Bertotti, M. (2011). Dificuldades Conceituais no Aprendizado de Equilíbrios Químicos Envolvendo Reações Ácido-Base. *Química Nova*, 34, 10, 1836-1839.
- BRASIL, Ministério da Saúde (2005). http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2005/res0274_22_09_2005.html.
- Cardoso, S. M. B., Silva, L. H. B., & Lima, J. P. M. (2014). Concepções alternativas de estudantes da 1º série do ensino médio sobre ácidos e bases investigadas nas ações do PIBID/Química/UFS/São Cristóvão. *Scientia Plena*, 10, 8.
- Couto, A. B., Ramos, L. A., & Cavalheiro, E. T. G. (1998). Aplicação de Pigmentos de Flores no Ensino de Química. *Química Nova*, 21, 2, 221-227.
- Ferreira, L. H., Hartwig, D. R., & Oliveira, R. C. (2010). Ensino Experimental de Química: Uma Abordagem Investigativa Contextualizada. *Química Nova na Escola*, 32, 2, 101-106.
- Figueira, A. C. M. (2010). *Dissertação de Mestrado em Educação em Ciências*. Universidade Federal de Santa Maria, Brasil.
- Guimarães, C. C. (2009). Experimentação no Ensino de Química: Caminhos e Descaminhos Rumo à Aprendizagem Significativa *Química Nova na Escola*, 31, 3, 198-202.
- Hoffmann, J. (2001). *Avaliar para promover: as setas do caminho*. Mediação.
- Ivano Gutz (2021). http://www.iq.usp.br/gutz/Curtipot_.html.
- Manahan, S. E. (2013). *Química Ambiental*. (9a ed.), Bookman.
- Marcano, K. D. N. E., & Schnetzler, R. P. *Encontro Nacional de Ensino de Química – ENEQ*, Curitiba, Brasil, 2008.
- Melo, C. C., Oliveira, R. C. B., & Souza, A. N. (2019). A Utilização da Experimentação como Aporte de Atividades Problematicadoras para a Significação de Conceitos Químicos no Ensino Médio. *Debates em Educação*, 2, 24, 85-105.
- Perrenoud, P. (1999) *Avaliação: da excelência à regulação das aprendizagens – entre duas lógicas*. Artes Médicas.
- Ramos, L. A., Lupetti, K. O., Cavalheiro, E. T. G., & Fatibello-Filho, O. (2000) Utilização do Extrato Bruto de Frutos de Solanum Nigrum L. no Ensino de Química. *Eclat. Quím*, 25.
- Scafi, S. H. F. (2010). Contextualização do Ensino de Química em uma Escola Militar. *Química Nova na Escola*. 32, 3, 176-183.
- Silva, L. A., Larentis A. L., Caldas, L. A., Ribeiro, M. G. L., Almeida, R. V., & Herbst, M. H. (2014). Obstáculos Epistemológicos no Ensino-Aprendizagem de Química Geral e Inorgânica no Ensino Superior: Resgate da Definição Ácido-Base de Arrhenius e Crítica ao Ensino das “Funções Inorgânicas” *Química Nova na Escola*, 36, 4, 261-268.
- Terci, D. B. L., & Rossi, A. V. (2002). Indicadores Naturais De pH: Usar Papel ou Solução? *Química Nova*, 25, 4, 684-688.
- Uchôa, V. T., Carvalho Filho, R. S. M., Lima, A. M. M., & Assis, J. B. (2016). Utilização de Plantas Ornamentais como Novos Indicadores Naturais Ácido-Base no Ensino de Química, *Holos*, 32, 2, 152-165.
- Wartha, E. J., Silva, E. L., & Bejarano, N. R. R. (2013). Cotidiano e Contextualização no Ensino de Química. *Química Nova na Escola*, 35, 84-91.