

Ensino

Formação em ciências: estudos sobre absorção química para mitigação da chuva ácida antrópica

Science education: studies on chemical absorption to mitigate antropogenic acid rain

Marluce Teixeira Andrade Queiroz^I, Raquel Ramos da Silva^{II}

^I Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil

^{II} Centro Universitário do Leste de Minas Gerais, Coronel Fabriciano, MG, Brasil

RESUMO

Esse estudo aborda alguns aspectos técnicos relacionados com o uso de torres de absorção destinadas à retenção de óxidos de enxofre em meio aquoso com produção de ácido sulfúrico tendo como proposta evitar a dispersão daqueles gases no meio ambiente e contribuir para reduzir a precipitação ácida antrópica. Discute a importância da realização de atividades práticas explorando essa temática para a formação de alunos do curso técnico de química para melhor entendimento desse assunto que se reveste de extrema importância no contexto da climatologia urbana para a sociedade atual. Além disso, informa a percepção dos educados quanto ao uso desse método de ensino sendo identificado o favorecimento quanto ao entendimento e comprometimento com as questões de segurança e meio ambiente.

Palavras-chave: Absorção química; Atividade prática; Sustentabilidade

ABSTRACT

This study addresses some technical aspects related to the use of absorption towers for the retention of sulfur oxides in an aqueous medium with the production of sulfuric acid, with the purpose of preventing the dispersion of those gases in the environment and contributing to reduce anthropic acid precipitation. Discusses the importance of carrying out practical activities exploring this theme for the training of students of the technical chemistry course to better understand this subject that is extremely important in the context of urban climatology for today's society. In addition, it informs the perception of the educated regarding the use of this teaching method, identifying the favoring regarding understanding and commitment to safety and environmental issues.

Keywords: Chemical absorption; Practical activity; Sustainabilit

1 INTRODUÇÃO

Souza e colaboradores (2006) informam que a composição química da água da chuva mostra relação com as características da massa de ar, no que diz respeito ao conteúdo de partículas e gases solúveis, pelo qual atravessam as gotas durante a precipitação. Os pesquisadores reforçam que podem ser apresentadas diversas evidências, tal como, a variação da composição química da água da chuva em relação ao tempo, a reação inversa que há entre o total de íons dissolvidos e o volume da carga d'água, sugerindo que a maior parte dos íons presentes na fase aquosa é incorporada durante o fenômeno em um processo conhecido como remoção abaixo da nuvem (Baines, 1992).

Verificam-se fatores agravantes relacionados com o incremento da acidez natural da precipitação, tal como, as atividades urbanas e industriais em função dos teores emitidos de compostos químicos diversos na atmosfera, podendo ser atribuído, dentre outros fatores, à elevada exploração dos combustíveis fósseis influenciando diretamente as características físico-químicas do fluido líquido (Coto *et al.*, 2008).

A combustão daqueles insumos está associada à emissão principalmente de óxidos de nitrogênio (NO_x) e óxidos de enxofre (SO_x). Na presença da radiação solar, as reações daqueles gases com o vapor de água presente na atmosfera ocasionam respectivamente a formação de ácido nítrico (HNO_3) e ácido sulfúrico (H_2SO_4) e como consequência contribui para diminuir o pH da água de chuva asseverando os níveis de poluição (Mirlean *et al.*, 2000).

Esse tipo de disfunção ambiental é identificado em diversas regiões do mundo implicando na deterioração dos componentes bióticos e abióticas. Exemplificando, na Grécia, as pedras que restauraram o Partenon em Atenas, se dissolveram lentamente; na Alemanha, a arquitetura gótica da catedral de Colônia foi destruída por corrosão lenta e progressiva, dentre outros (Jesus, 2010).

Tarifa (1991) relata a ocorrência do fenômeno também em diversos estados do Brasil. Dentre esses, pode ser citada a chuva ácida no polo petroquímico de Cubatão (São

Paulo), que produz poluentes que são levados ao litoral norte (Ubatuba e Caraguatatuba) desencadeando sérios danos à Mata Atlântica onde as árvores morrem e as plantas acabam queimadas ou secando. No Rio de Janeiro, como consequência desse tipo de poluição, também foi necessária a restauração do maior símbolo turístico do País, o Cristo Redentor instalado no alto do Morro do Corcovado, a 709 metros acima do nível do mar, localizado no Parque Nacional da Tijuca no Rio de Janeiro, região sudeste do País (Miranda *et al.*, 2003).

Especificamente em relação aos óxidos de enxofre são identificados transtornos em ambientes internos e externos. No interior de diversas fábricas é exigido o manuseio do ácido sulfúrico, tal como, na produção de baterias sendo utilizado como eletrólito ou na limpeza industrial para remover de oxidação e ferrugem. Em tais situações ocorre a emissão desses gases que ao atingirem as pessoas podem resultar em acidentes típicos do trabalho com gravidade variada decorrente dos níveis de exposição do colaborador, ocasionando preponderantemente em lesões oculares e cutâneas. Além disso, podem ocorrer de forma simultânea problemas para a população exterior. Existem relatos históricos, em São Paulo, Brasil (2006) ocorreu à dispersão do dióxido de enxofre (SO_2) que ultrapassou as fronteiras da fábrica de ácido sulfúrico (H_2SO_4), desse modo, os efeitos adversos com maior gravidade incluíram preponderantemente os fatores humanos, vários trabalhadores e indivíduos da população em seu entorno apresentaram agravos à saúde relacionados ao sinistro, compreendendo irritação das vias aéreas, desmaios, vômitos e enjoos, demandando atendimento hospitalar e auxílio do Serviço de Atendimento Médico de Urgência (SAMU) e o Corpo de Bombeiros (Lorenzi; Martins Júnior, 2007).

Nesse cenário, nos dias atuais existe uma grande preocupação em regulamentar os níveis de emissão de poluição no meio ambiente sendo pautadas em diversos dispositivos normativos. Pode ser citada, a lei do ar limpo que apresenta parâmetros relacionados com a diminuição do nível de chuva ácida por emissão de gases tóxicos por usinas movidas a combustíveis fósseis e outras fontes industriais. Desta forma, as indústrias vêm se adaptando a estas regras adotando sistemas de dessulfurização de gases de combustão. A redução das emissões dos gases de enxofre também pode incluir o uso de absorvedor,

uma mistura de água e calcário é pulverizada sobre o gás de enxofre (de Mello *et al.*, 2020).

Pensando nisso, entendemos que o conhecimento científico sobre a absorção química e sua relevância para a mitigação dos impactos ambientais deve ser explorado durante a formação dos alunos. Anastasiou e Pimenta (2002) reforçam que o processo educativo deve assegurar o domínio de conhecimentos, métodos e técnicas científicas explorados de forma crítica, relacionando com a proteção social e do meio ambiente. É necessário associar o ensinar/aprender com a pesquisa, criando e recriando situações de aprendizagem e partir do universo cultural e de conhecimentos dos alunos para desenvolver processos de ensino e aprendizagem interativos e participativos (Gouveia *et al.*, 2009).

Em adição, Zamboni *et al.* (2012) relatam a necessidade de tratar o tema transversal meio ambiente de forma empírica para melhor entendimento dos alunos, procurando aguçar suas percepções sobre os elementos naturais, desse modo, viabilizando a inserção, nessa perspectiva, dos conteúdos de forma dinâmica e permitindo estabelecer correlações entre o conhecimento científico a respeito das reações existentes entre moléculas que compõem o meio ambiente e domínio prático.

Nessa premissa, este estudo foi realizado tendo como público alvo discentes do curso técnico de Química do Centro Universitário Católica do Leste de Minas Gerais (Unileste). Para esse grupo foram realizadas aulas teóricas aplicando a técnica da exposição dialogada e atividades práticas direcionadas para discutir o fenômeno da absorção química. A pretensão foi explicitar a sua relevância para a mitigação dos transtornos ambientais ocasionados por fluidos ácidos e favorecer o domínio dos educados.

Especificamente, atentou-se para a dinâmica relativa à remoção do SO_2 presente em correntes gasosas através da absorção em um solvente líquido polar. Em adição, pondera-se que esse processo de separação é amplamente utilizado em indústrias, desse modo, também evidenciando estreita relação com o universo do trabalho (Gonçalves *et al.*, 2016). Além disso, foram apresentados os métodos aplicados, resultados das discussões relacionadas com a percepção dos educados, quanto ao grau de importância do tema estudado; reflexões acerca das atividades práticas; e ponderações quanto à

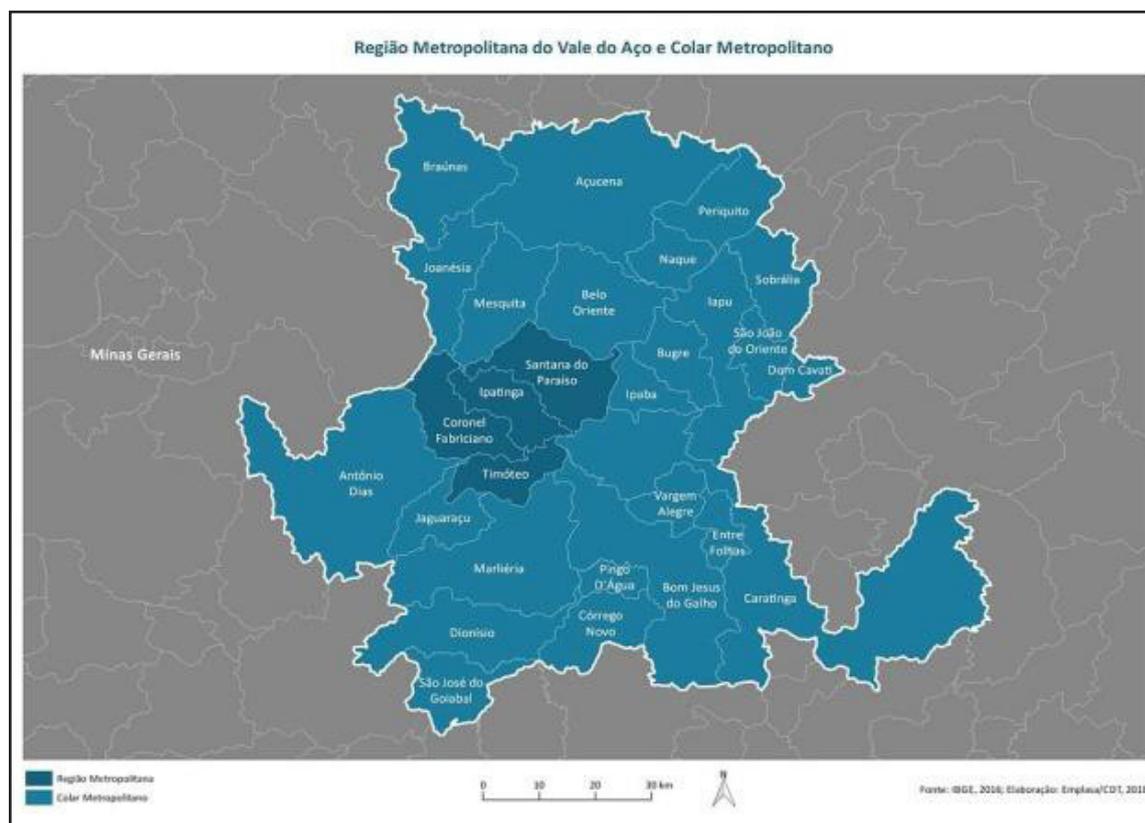
sua efetiva contribuição para construção do conhecimento científico. Desse modo, a divulgação dos resultados dessas investigações pretende estimular ações educativas que fortaleçam a relação entre teoria e prática e possibilitando a sua aplicação em outras instituições de ensino.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

O Centro Universitário Católica do Leste de Minas Gerais (Unileste) encontra-se situado na microrregião do rio Doce em Minas Gerais, Brasil, composta por quatro municípios do núcleo metropolitano: Coronel Fabriciano, Ipatinga, Timóteo e Santana do Paraíso.

Figura 1 – Mapa destacando a Região Metropolitana do Vale do Aço (RMVA), Minas Gerais, Brasil

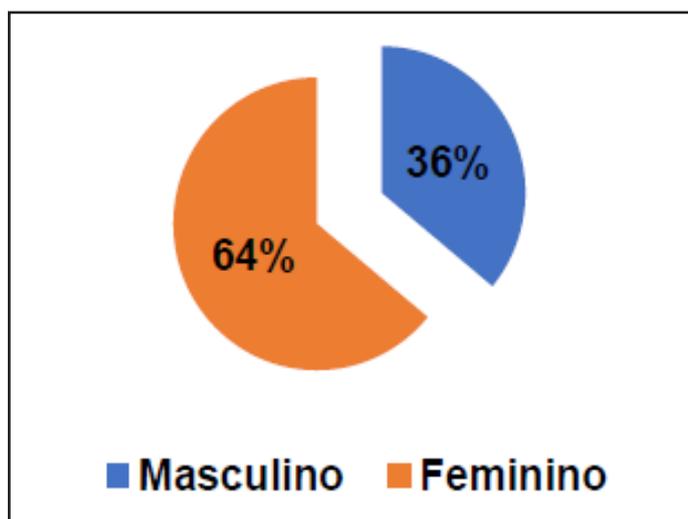


Fonte: FNEM(2022)

2.2 Público alvo

Os alunos do curso de técnico de Química que participaram das atividades teóricas e práticas totalizaram sessenta (60) pessoas com faixa etária entre 15 e 20 anos, sendo 64% deles do gênero feminino (Figura 2). A prevalência da participação feminina nessa turma exhibe sintonia com as mudanças da sociedade atual. As estatísticas do Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos (DIEESE) evidenciaram que a participação da mulher em serviços da área técnica encontra-se em ascensão (DIEESE, 2019).

Figura 2 – Distribuição dos alunos por gênero



Fonte: Autores (2022)

2.3 Oficinas educativas

As oficinas educativas foram realizadas com três grupos (I, II, III), sendo formados por vinte (20) alunos/grupo no período entre fevereiro de até dezembro em 2019. A totalidade dos discentes participou de aulas teóricas com emprego da técnica da exposição dialogada e prática. Enquanto o grupo II de controle não participou das atividades experimentais. Os conteúdos explorados são apresentados no Quadro 1.

Quadro 1 – Conteúdos explorados nas oficinas educativas

Conteúdo	Duração
Normas de segurança em laboratório de Química	1h/aula
Técnicas básicas e operações fundamentais no laboratório de Química	2h/aula
Transformações químicas	1h/aula
Quantidades em química: massa e volume	4h/aula
Conceito da chuva ácida	1h/aula
Impactos ambientais e sociais da chuva ácida	2h/aula
Absorção química e sua importância para diminuir a degradação antrópica	4h/aula
Experimentações práticas sobre absorção química	4h/aula

Fonte: Autores (2022)

2.4 Tratamento de dados

A análise das competências e habilidades dos discentes frente aos conteúdos desenvolvidos nas aulas foi mensurada através da entrega de relatório descritivo e de teste teórico com dez questões fechadas, sendo elaborado por docentes e aplicado por discentes do Centro Universitário Católica do Leste de Minas Gerais (Unileste), integrantes dos projetos de extensão universitária. Os resultados destas avaliações foram aferidos e tabulados, levando em consideração as turmas de tratamento com aulas teóricas e práticas (1A e 1C), e uma turma controle (1B) que participou apenas das aulas teóricas. Para verificar a confiabilidade dos resultados, foi aplicado o Teste “*t student*”.

2.5 Experimentação

As atividades práticas pertinentes à absorção foram realizadas no laboratório de química do Unileste conforme representado na Figura 3. Em um funil de separação foi adicionada solução de ácido clorídrico ($\text{HCl}_{\text{aq.}}$) cuidadosamente gotejada em sulfato de cálcio sólido (CaSO_3). O gás sulfuroso (SO_2) produzido foi transferido e absorvido em solução aquosa de hidróxido de sódio ($\text{NaOH}_{\text{aq.}}$) com formação de bissulfato de sódio (NaHSO_3) como produto final.

Figura 3 – Representação da montagem laboratorial



Fonte: Autores (2022)

Os fenômenos químicos implicaram no desenvolvimento de reações de dupla-troca (Equação 1) e síntese (Equação 2) permitindo a observação *in loco* pelos estudantes.



Com a pretensão de potencializar a capacidade de reflexão foi solicitado aos discentes que expusessem oralmente suas opiniões sobre as atividades realizadas com a formação de uma roda de conversa fortalecendo o processo de construção do conhecimento pela mediação dialógica entre educadores e educados (Ribetto; Rattero, 2017). O espaço de interlocução foi estabelecido através de questionamentos simples e objetivos adaptados dos estudos de Bartzik e Zander (2016):

- A experimentação contribuiu para melhor entendimento quanto ao fenômeno da absorção química?
- Os procedimentos práticos produziram resultados satisfatórios?
- Foi possível reconhecer a relevância da absorção química no contexto da segurança e meio ambiente?

Nessa premissa, foi possível alcançar dos alunos uma apreciação em relação às atividades realizadas visando identificar pontos fortes e fracos. Correia e Fernandes (2016) reforçam que o *feedback* pode contribuir para melhorias contínuas, visto que a ferramenta possibilita alcançar informações em relação aos aspectos que não foram bem elucidados exigindo aperfeiçoamento e fatores positivos que podem ser replicados.

Em complemento, a totalidade dos alunos foi submetida à avaliação em relação à temática da absorção química, distribuída em três turmas (A, B, C) formadas por vinte (20) discentes. As turmas de tratamento A e C participam das atividades práticas. E uma turma B (grupo de controle) para a qual as experimentações laboratoriais não foram incluídas no plano de aulas sendo limitadas às exposições dialogadas relativas ao conteúdo.

Os testes consistiram em aplicar provas escritas com dez (10) questões fechadas para os grupos (A, B, C), com sequência diferenciada, mesmo grau de dificuldade e conteúdo. Sendo que cada acerto correspondia a marcação de um (1) ponto, totalizando a pontuação máxima em 10 pontos. A folha de resposta podia ser respondida uma única vez com uso de caneta isenta de qualquer rasura. As respostas constituíram banco de dados, sendo a variável de interesse o número de acertos, sendo formuladas duas hipóteses:

H_0 : a aprendizagem com ou sem aula prática alcança o mesmo efeito;

H_1 : a aprendizagem com inclusão de aulas práticas aumentou o número de acertos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análise dos achados relativos à percepção dos discentes

Em relação ao favorecimento da compreensão do fenômeno da absorção

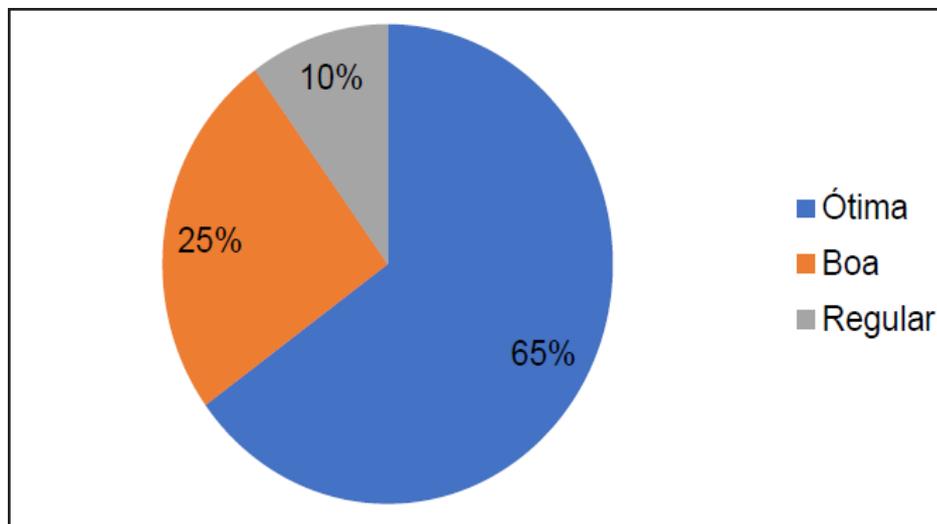
química através da experimentação ocorreu consenso entre os educados, ou seja, todos afirmaram (100%) sua relevância para promover interação com o objeto de estudo e possibilitando maior domínio. Esses achados são corroborados através de diversas pesquisas. Exemplo, Moraes e Andrade (2010) pontuam que as atividades práticas promovem maior dinamismo e favorecendo a aprendizagem significativa, desse modo, possibilitando ao educado condições propícias para alcançar conclusões próprias fundamentadas no conhecimento teórico. Em complemento, Lins (2016) reforça que quanto maior o envolvimento do estudante, melhor o nível de entendimento alcançado, possibilitando explorar de forma eficiente as competências e habilidades individuais.

Quanto aos resultados práticos, houve opiniões diversificadas (Figura 3), uma parcela significativa (65%) considerou que a experimentação foi ótima com bom rendimento prático, entretanto um grupo (35%) considerou boa em função do número de participantes, reforçando que ocorreu distribuição inadequada da carga de trabalho na equipe. Nessa questão específica, a proposta de intervenção em atividades futuras detona relação com a ação dialógica com intervenção do professor direcionada para colaborar com o estabelecimento dos papéis e funções em cada grupo (Saviani, 2009). Outro aspecto importante, um total de 10% classificou como regular indicando como fator depreciativo algumas falhas de procedimentos evidenciando o comprometimento com a segurança. Nesse quesito, os estudantes destacaram que o controle da pressão interna não foi satisfatório, exacerbando os riscos de acidentes e químicos, tal como, o escape do gás em função das condições de transferência para interação com a solução básica absorvente.

Esses resultados mostraram a necessidade de sistematizar métodos mais eficientes para prevenção de acidentes em atendimento aos requisitos das normas de segurança. Ressalta-se a relevância de elaborar uma lista de verificações que devem ser realizadas antes dos procedimentos com o uso do bico de Bunsen, dentre essas, realizarem testes para constatar/eliminar os problemas relacionados com vazamento do gás, eliminar as dobras em tubos, ajustes inadequados em suas conexões. Além disso, recomenda-se cessar a combustão imediatamente após a conclusão das

experimentações (Governo do estado do Espírito Santo, Brasil, 2019).

Figura 4 – Resultados da percepção dos alunos



Fonte: Autores (2022)

Os educados sugeriram o estudo de novos modelos experimentais com inclusão de dispositivos para viabilizar maior superfície de contato e turbulência entre os reagentes para aperfeiçoar a transferência de massa e de energia com aplicação de cálculos estequiométricos para mensuração do rendimento do processo. Além disso, foram destacadas as possibilidades de aprendizagem proporcionadas através da experimentação.

Em prosseguimento, identificou-se que todos os estudantes (100%) concordaram quanto à relevância da absorção química para o meio ambiente. É importante destacar que ocorreram ponderações quanto à necessidade de intensificar ações ao nível governamental relacionados com a redução dos teores de SO_2 nas emissões industriais considerando sua contribuição para diversos transtornos, tal como, a degradação da qualidade do ar, da flora e da fauna.

Verificou-se que as abordagens com estudos teóricos e práticas laboratoriais contribuíram para potencializar as competências relativas à capacidade de incorporar conceitos e técnicas pertinentes ao desenvolvimento sustentável em

sistemas produtivos (Souza *et al.*, 2010). Andrade e Massabni (2011) reforçam que as experimentações atendem a uma ampla gama de concepções sobre ensino-aprendizagem e, desse modo, favorecem a aquisição dos conhecimentos pertinentes às ciências.

3.2 Análise dos testes teóricos aplicados para resolução pelos discentes

Após a correção dos testes teóricos e para verificar a confiabilidade dos resultados, foi aplicado um Teste “t student”, mostrando que as diferenças apresentadas entre as turmas 1B/1A e 1B/1C foram significativas ($p < 0,05$), o que comprova que as turmas que participaram das atividades práticas alcançaram um melhor nível de entendimento na compreensão do fenômeno da absorção química. Os dados utilizados estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Resultados da pontuação dos discentes

Ponto (P)	Número de alunos com acertos para a turma A	Número de alunos com acertos para a turma B	Número de alunos com acertos para a turma C
$10 \leq P \leq 9$	17	2	18
$8 \leq P \leq 7$	1	5	1
$6 \leq P \leq 5$	1	6	1
$4 \leq P \leq 3$	0	5	1
$2 \leq P \leq 0$	0	2	0

Fonte: Autores (2022)

A estatística descritiva dos resultados mostrou que a média de acertos dos discentes que tiveram aulas práticas na faixa $10 \leq P \leq 9$ atingiu para as turmas A e C respectivamente 85,00% e 90,00%, enquanto para turma B apenas 10,00%. O maior número de acertos para turma B referiu-se a faixa $6 \leq P \leq 5$ que atingiu 30,00% dos participantes (Tabela 1). Comprova-se aí que as atividades em laboratório possibilitaram aos alunos vivenciarem os conhecimentos adquiridos nas aulas teóricas. Além disso, contribuíram para desenvolver o raciocínio dos estudantes e estimular a tomada de decisões em situações diversificadas

(Pires *et al.*, 2017). Em complemento, pondera-se que a formação alcançada expressa a importância de investigar a concepção de professores em diferentes níveis escolares, com relação ao conceito que atribuem à experimentação, bem como a relevância das aulas práticas, visando à construção do conhecimento e padrão cultural (Lima; Nuñez, 2013).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os achados desse estudo permitiram verificar a importância das atividades experimentais no ensino da química. Os achados indicaram contribuição significativa para melhor aprendizado em relação ao fenômeno da absorção química e aplicabilidade para contenção da dispersão de óxidos ácidos.

Destaca-se que as práticas proporcionaram situações capazes de favorecer o protagonismo do discente, evitando situações estáticas, possibilitando a construção do conhecimento, interação entre os participantes para expor dúvidas e conhecimentos, adquirir maior domínio em relação ao objeto estudado e obter conclusões e, por isso, tornando-se agente do seu aprendizado.

Em relação ao papel do docente é preciso reforçar que para que as atividades práticas sejam realmente úteis no ensino, é preciso sistematizar experimentos e dimensionar as equipes adequadamente para favorecer o processo de aprendizagem. Desse modo, além de facilitar a assimilação dos conteúdos técnico-científicos, possibilita o diálogo entre o educado e o universo do trabalho, e direciona os valores construídos para favorecer o desempenho socioambiental.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG) o apoio às atividades de pesquisa.

REFERÊNCIAS

ANASTASIOU, L. G. C.; PIMENTA, S. G. **Docência no ensino superior**. São Paulo: Cortez, 2002.

BAINES, J. **Chuva Ácida**. São Paulo: Scipione, 1992.

BARBOSA, P. M.; FARJALLA, V. F.; MELACK, J. M.; AMARAL, J. H.F.; DA SILVA, J. S.; FORSBERG, B. R.. High rates of methane oxidation in an amazon floodplain lake. **Biogeochemistry**, v.137, p.351-365, 2018.

BARTIZK, F.; ZANDER, L.D.. A Importância das aulas práticas de ciências no ensino fundamental. **Revista Arquivo Brasileiro de Educação**, Belo Horizonte, v.4, n. 8, mai-ago, 2016.

BREMER NETO, H; MOURAO FILHO, F. A. A.; STUCHI, E. S.; SPOSITO, M. B.. Suscetibilidade de clones de lima ácida, Tahiti a podridão floral do citros. **Revista brasileira de Fruticultura**, v. 38, p. 222-225, 2016.

BOTELHO, G. M. A.; JACKSON, K. W. ;CAMPOS, R. C.. Determination of trace elements in carbonaceous samples by graphite furnace atomic absorption spectrometry: Microwave digestion versus slurry sampling. **Mikrochimica Acta**, v. 136, n.1/2, p. 43-48, 2001.

CALLEGARO, R. M.; ANDRZEJEWSKI, C.; GOMES, D. R.; TURCHETTO, F.; MEZZOMO, J. C.; GRIEBELER, A. M.. Efeitos da chuva ácida em recursos florestais. **Caderno de Pesquisa. Série Biologia (UNISC)**, v. 27, p. 13-20, 2015.

CAMPOS da ROCHA, F. O.; MARTINEZ, S. T; CAMPOS, V. P.; da ROCHA, G. O.; de ANDRADE, J. B.. Microplastic pollution in Southern Atlantic marine waters: Review of current trends, sources, and perspectives. **Science of The Total Environment**, v. 782, p. 146541, 2021.

CARRAU-BONOMI, J.. A Biotecnologia e a elaboração de vinhos jovens. **Revista do vinho**, Porto Alegre, v. 2, n.9, p. 36-39, 1988.

CORREIA, A. M. B.; FERNANDES, P.. Educação Especial: limites e potencialidades da educação inclusiva. **Revista Interterritórios**, v. 2, p. 24-48, 2016.

COTO, B.; MARTOS, C.; PENA, J. L.; ESPADA, J. J.; ROBUSTILLO, M.. A new method for the determination of wax precipitation from non-diluted crude oils by fractional precipitation. **Fuel (Guildford)**, v. 87, p. 2090-2094, 2008.

DACHERY, B.; HERNANDES, K. C.; VERAS, F. F.; SCHMIDT, L.; AUGUSTI, P. R.; MANFROI, V.; ZINI, C. A.; WELKE, J.E.. Effect of *Aspergillus carbonarius* ochratoxin A levels, volatile profile and antioxidant activity of the grapes and respective wines. **Food Research International**, v. 126, p. 108687, 2019.

DANGELO, L.; REZENDE, C. M.; ARAUJO NETO, W. N.. Habilidade espacial na educação em Química. **Práxis**, v. 1, p. 419-424, 2015.

DE MELLO, M. I. S.; SOBRINHO, E. V.; DA SILVA, V. L. S. T.; PERGHER, S. B. C.. V or Mn zeolite catalysts for the oxidative desulfurization of diesel fractions using dibenzothiophene as a probe molecule: Preliminary study. **Molecular Catalysis**, v. 482, p. 100495, 2020.

DIEESE - Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos. Estatísticas

sobre mão de obra na indústria no período de 2003 até 2013. Disponível: <http://www.dieese.org.br>, Acesso: 29/11/2019.

FNEM– Fórum Nacional de Entidades Metropolitanas. Região Metropolitana do Vale do Aço (RMVA), MG, Brasil. Disponível: <http://fnembrasil.org/regiao-metropolitana-do-vale-do-aco-mg/>, Acesso: 29/11/2019.

GONÇALVES, L. M.; VALENTE, I. M.; RODRIGUES, J. A.. Recent advances in membrane aided extraction and separation for analytical purposes. **Separation and Purification Reviews**, p. 179-194, 2016.

GOUVEIA, V. P.; OLIVEIRA, S. R.; QUADROS, A. L. Uma reflexão sobre aprendizagem escolar e o uso do conceito de solubilidade/miscibilidade em situações do cotidiano: concepções dos estudantes. **Química Nova na Escola**, v. 6, n. 1, p. 23-30, 2009.

JESUS, E. F. R.. Interface entre a climatologia e a epidemiologia: uma abordagem geográfica. **Geotextos** (Salvador), v. 6, p. 211-236, 2010.

GONZÁLEZ, L. E.; DÍAZ, G. C.; ARANDA, D. A. G.; CRUZ, Y. R.; FORTES, M. M.. Biodiesel production based in microalgae: A biorefinery approach. **Natural Science** (Print), v. 07, p. 358-369, 2015.

GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO, BRASIL. Manual de biossegurança do laboratório central de saúde pública do Espírito Santo, Brasil. Disponível: <http://www.saude.es.gov.br>, Acesso: 29/11/2021.

LAGES, V. P.; DA CUNHA, A. L. C.; DWECK, J.. Evaluation of SO₂ capture efficiency of combustion gases using commercial limestone. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, v. 1, p. 1-11, 2019.

LINS, A. G. R.. A trigonometria no ensino médio do CEFET-PB,. 1. ed. São Paulo: **Paco Editorial**, 2016. v. 20. 116p .

LORENZI, R. L.; MARTINS JUNIOR, L.; Acidente químico com dióxido de enxofre em um populoso distrito de uma grande metrópole: cenários de exposição a partir de um modelo Gaussiano de dispersão. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional (RBSO)**, v. 32, p. 31-37, 2007.

MARTINS, A. P.; RIBEIRO, A. P.; FERREIRA, M. L.; MARTINS, M. A. G.; NEGRI, E. M.; SCAPIN, M. A.; SAIKI, M.; SALDIVA, P. H.; LAFORTEZZA, R.. Infraestrutura verde para monitorar e minimizar os impactos da poluição atmosférica. **Estudos Avançados** (ONLINE), v. 35, p. 31-57, 2021.

MELLO, L. C. de. **Estudo do processo de absorção de CO₂ em soluções de aminas empregando-se colunas recheadas**. 2013. 125 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Química, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

MIRANDA, R. A. C.; PEREIRA, F. R.; MONAT, A. S.. Nova tecnologia aplicada ao monitoramento ambiental. **Geografia** (Associação dos Geógrafos Brasileiros), Rio de Janeiro, v. 1, n.º. 15, p. 704-708, 2003.

MIRLEAN, N.; VANZ, A.; BAISCH, P. Níveis e origem da acidificação das chuvas na região do Rio Grande, RS. **Química Nova**, v. 23, n. 5, p. 590-593, 2000.

MORAIS, M. B.; ANDRADE, M. H. de P.. Ciências: ensinar e aprender, anos iniciais do ensino fundamental. Belo Horizonte: **Dimensão**, 2010.

PEIXOTO MIRANDA BADARÓ, J.; PALMEIRA CAMPOS, V.; OLIVEIRA CAMPOS da ROCHA, F.; LIMA SANTOS, C.. Multivariate analysis of the distribution and formation of Trihalomethanes in treated water for human consumption. **Food Chemistry**, v.1, p.130469-1, 2021.

PEREIRA, J. M.; AQUINO, A. C. M. DES.; OLIVEIRA, D. C. DE; ROCHA, G.; FRANCISCO, A. DE; BARRETO, P. L. M.; AMANTE, E. R.. Characteristics of cassavastarch fermentation wastewater based on structural degradation of starch granules. **Ciência Rural**, V. 46, P. 732-738, 2016.

RIBEIRO, M. A. P.; PEREIRA, D. C.. Constitutive Pluralism of Chemistry: Thought Planning, Curriculum, Epistemological and Didactic Orientations. **Science & Education** (Dordrecht), v. 22, p. 1809-1837, 2013.

RIBETTO, A.; RATTERO, C.. Cenas para pensar a educação na diferença. Revista **Educação Especial**, v. 30, p. 361-371, 2017.

SEVÁ FILHO, A. O.; KALINOWSKI, L.M.. Transposição e hidrelétricas: o desconhecido Vale do Ribeira (PR-SP). **Estudos Avançados** (USP. Impresso), v. 26, p. 269-286, 2012.

SOUZA, P. A.; MELLO, W. Z.; MALDONADO, J.; EVANGELISTA, H. Composição química da chuva e aporte atmosférico na Ilha Grande, RJ. **Química Nova**, v. 29, n. 3, p. 471-476, 2006.

SOUZA, Y. L.; VASCONCELOS, M. C. R. L.; JUDICE, V. M. M.; JAMIL, G. L.. A contribuição do compartilhamento do conhecimento para o gerenciamento de riscos em projetos: Um estudo na indústria de software. **Revista de Gestão da Tecnologia e Sistemas de Informação** (Online), v. 7, p. 183-204, 2010.

SZABO, A. V.; DOMINGOS, M.; RINALDI, M. C. S.; DELITTI, W. B. C. Acúmulo de enxofre e suas relações com alterações no crescimento de plantas jovens de *Tibouchina pulchra* Cogn. (Melastomataceae) expostas nas proximidades do polo industrial de Cubatão, SP. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 26, n. 1, p. 379-390, 2003.

TAKEDA, F.; MORO, A.R.P.; MACHADO, L. ; ZANELLA, A.L.. Indicators of work accidents in slaughter refrigerators and broiler Processing. Brazilian Journal of **Poultry Science**, v. 20, p. 297-304, 2018.

TARIFA, J. R.. **A acidez da chuva na cidade de São Paulo**. São Paulo. Dissertação (Mestrado em Climatologia) – Laboratório de Climatologia e Biogeografia do Departamento de Geografia da Universidade de São Paulo. , 222f, 1991.

TRESMONDI, A. C. C. L.; TOMAZ, E.; KRUSCHE, A. V. Avaliação de pH e composição iônica das águas de chuva em Paulínia-SP. **Engenharia Ambiental**, v. 2, n. 1, p. 70-84, 2005.

VASCONCELO, L. ZAMPARONI, C. A. G. P. A chuva ácida e climatologia geográfica no ensino médio. **Geo. UERJ**, v. 1, p. 102-122, 2009.

ZAMBONI, G.; COSTA, F. C.; ZAMPIN, I. C.; RIBEIRO, S. L.. Consciência ambiental: Conceitos e aplicação inter-áreas de Química e Geografia com textos sobre chuva ácida. **Educação em Foco** (Amparo), v. 5, p. 01-12, 2012.

Contribuições de Autoria

1 – Marluce Teixeira Andrade Queiroz

Doutora em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Minas Gerais

<https://orcid.org/0000-0002-7588-5646> • marluce.queiroz@yahoo.com.br

Contribuição: Conceituação; Escrita – Revisão; Edição

2 – Raquel Ramos da Silva

Especialista em Engenharia da Qualidade pela Faculdade Venda Nova do Imigrante

<https://orcid.org/0000-0001-6279-6970> • raquel.ramos@gmail.com

Contribuição: Revisão; Edição

Como citar este artigo

QUEIROZ, M. T. A.; SILVA, R. R. da. Formação em ciências: estudos sobre absorção química para mitigação da chuva ácida antrópica. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 45, e29, 2023. DOI 10.5902/2179460X70840. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/2179460X70840>