

Érica de Melo Azevedo
(Organizadora)

ENSINO DE QUÍMICA:

aprendizagem significativa

teórica e prática

Érica de Melo Azevedo
(Organizadora)



ENSINO DE QUÍMICA:

aprendizagem significativa

teórica e prática

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Bruno Oliveira

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-Não-Derivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. 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.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial**Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Alana Maria Cerqueira de Oliveira – Instituto Federal do Acre

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Profª Drª Ana Paula Florêncio Aires – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná



Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista



Ensino de química: aprendizagem significativa teórica e prática

Diagramação: Camila Alves de Cremona
Correção: Yaidy Paola Martinez
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizadora: Érica de Melo Azevedo

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E59 Ensino de química: aprendizagem significativa teórica e prática / Organizadora Érica de Melo Azevedo. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-258-0303-6

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.036220807>

1. Química - Estudo e ensino. I. Azevedo, Érica de Melo (Organizadora). II. Título.

CDD 540.7

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br



Atena
Editora
Ano 2022

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



APRESENTAÇÃO

A ideia da obra “Ensino de Química: Aprendizagem significativa teórica e prática” surgiu a partir da necessidade de apresentar e divulgar trabalhos que envolvessem metodologias ativas que aliassem teoria e prática para o ensino de química. A Atena Editora tem publicado e-books sobre o Ensino de Química, mas esses apresentam trabalhos gerais e heterogêneos. O objetivo da presente obra é reunir trabalhos de pesquisa sobre aprendizagem teórica e prática, abordando aspectos que valorizem a experimentação com embasamento teórico estruturado. Sabemos que a experimentação surge como uma alternativa para potencializar e facilitar o processo ensino-aprendizagem, possibilitando ao aluno perceber a relação teórico-prática, além de facilitar a percepção do indivíduo de que a Química está presente na sua vida e na sociedade em geral, e que o conhecimento químico auxilia na vida em sociedade. No entanto, apesar da importância da experimentação no ensino de ciências, é necessário utilizá-la com cuidado, para que não seja apenas o fim da aprendizagem, e, sim, um meio.

Apesar de termos caminhado de maneira significativa no desenvolvimento de novas metodologias para a facilitação do ensino-aprendizagem, encontramos cenários muito diversificados no Brasil. E se não bastasse tamanha heterogeneidade, a pandemia de Covid-19 apresentou um retrocesso na educação acompanhados por retrocessos nas áreas econômica e social. Para superarmos este desafio será necessário dar alguns passos atrás para podermos seguir a pelo caminho traçado anteriormente. Com isso, novas discussões que visem melhorar e incentivar investimentos e novas perspectivas para o enfrentamento dos problemas educacionais devem ser incentivadas. Esperamos que a presente obra possa contribuir para a retomada do caminho e dos planos para a Educação. Desejo uma boa leitura!

Érica de Melo Azevedo

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

RELATO DE EXPERIÊNCIA: PREPARO DE SLIME PARA ENSINO DE PROPRIEDADES DOS MATERIAIS E FORÇAS INTERMOLECULARES EM QUÍMICA

Érica de Melo Azevedo


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0362208071>

CAPÍTULO 2..... 12

A IMPORTÂNCIA DOS JOGOS DIDÁTICOS NO ENSINO-APRENDIZAGEM DE QUÍMICA

Cláudio Eduardo Rodrigues dos Santos

Aloísio Diogo Martins Coelho

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0362208072>

CAPÍTULO 3..... 23


A AULA INVESTIGATIVA COMO PROPOSTA ALTERNATIVA NO ENSINO SUPERIOR DE QUÍMICA

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

Rafael Martins Mendes

Olenir Maria Mendes

Fabio Augusto do Amaral


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0362208073>

CAPÍTULO 4..... 33

ENSINO DE QUÍMICA NO NÍVEL MÉDIO: USO DO BINGO PERIÓDICO COMO RECURSO DIDÁTICO

Júlia Cecília Medeiros Barros

Mírian da Silva Costa Pereira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0362208074>


CAPÍTULO 5..... 40

O ENSINO SOBRE CIÊNCIAS EM *PRESSUPOSTOS HISTÓRICOS E FILOSÓFICOS PARA O ENSINO DE QUÍMICA*

Renata Rosa Dotto Bellas

Jainara Santos do Nascimento

Ródnei Almeida Souza

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0362208075>

CAPÍTULO 6..... 52

BUFFERLATOR: PRODUÇÃO DE AMBIENTE VIRTUAL DE APRENDIZAGEM E CÁLCULO DE SISTEMAS TAMPONANTES

Anderson Lage Fortunato

Isabella da Silva de Almeida Gonçalves

João Victor Paiva Romano

Juliana do Carmo Godinho

Matheus Azevedo Lessa

Pedro Henrique Moreira Nunes
Rafaela Thereza Pereira Sant'Anna

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0362208076>

| | |
|----------------------------------|-----------|
| SOBRE A ORGANIZADORA..... | 64 |
| ÍNDICE REMISSIVO..... | 65 |

CAPÍTULO 1

RELATO DE EXPERIÊNCIA: PREPARO DE SLIME PARA ENSINO DE PROPRIEDADES DOS MATERIAIS E FORÇAS INTERMOLECULARES EM QUÍMICA

Data de aceite: 04/07/2022

Data de submissão: 02/07/2022

Érica de Melo Azevedo

Instituto Federal do Rio de Janeiro (IFRJ)
Campus Duque de Caxias
Duque de Caxias-RJ
<http://lattes.cnpq.br/3779431697800774>

RESUMO: A contextualização é um recurso que a escola tem de promover o aluno de uma condição passiva, que apenas recebe o conhecimento, para uma condição ativa, onde é possível facilitar sua participação e atuação na construção do conhecimento e na ligação entre conhecimento teórico e prático. Buscando desenvolver um ensino mais contextualizado, mas sem a banalização do conhecimento, o objetivo do presente trabalho foi testar o uso de diferentes substâncias como agentes reticulantes para a formação de *slime* caseiro buscando desenvolver uma prática sobre ensino de ligações intermoleculares e identificação dos conceitos de viscosidade e elasticidade em turmas de ensino médio. Foram utilizadas diferentes substâncias como agentes reticulantes, entre elas o tetraborato de sódio (bórax). Esse sal é capaz de formar ligações coordenadas com as cadeias poliméricas do PVA, unindo as cadeias para formar ligações intermoleculares ou intramoleculares e resultando numa estrutura polimérica tridimensional, que permite o deslizamento de uma cadeia sobre a outra, sem

romper essas ligações. Quando o cross-linking entre as cadeias acontece em grande extensão, forma-se um material com características de um semi-sólido gelatinoso. O uso de diferentes soluções na síntese influencia nas propriedades físico-químicas do gel formado. Em relação aos sais, percebe-se que a diferença entre os três está carga dos íons presentes em solução, uma vez que os sais sofrem dissociação em meio aquoso. Entre as soluções utilizadas, observou-se que apenas o bórax formou o *slime*, que é um material com propriedades viscoelásticas. O sulfato de alumínio promoveu a formação de um material gelatinoso de aspecto mais rígido em comparação ao *slime*. As soluções de NaCl, CaC_2 e Na_2SO_4 não promoveram o processo de gelificação devido às cargas das espécies iônicas em meio aquoso.

PALAVRAS-CHAVE: *Slime*, forças intermoleculares, viscoelasticidade, ensino de química.

EXPERIENCE REPORT: PREPARING SLIME FOR TEACHING MATERIALS PROPERTIES AND INTERMOLECULAR FORCES IN CHEMISTRY TEACHING

ABSTRACT: Contextualization is a resource that the school has to promote the student from a passive condition, which only receives knowledge, to an active condition, where it is possible to facilitate their participation and performance in the construction of knowledge and in the connection between theoretical and practical knowledge. Aiming to develop a more contextualized teaching, but without the trivialization of knowledge, the objective of

the present work was to test the use of different substances as crosslinking agents for the formation of home slime seeking to develop a practice on teaching intermolecular bonds and identifying viscosity and elasticity concepts in high school classes. Different substances were used as crosslinking agents, including sodium tetraborate (borax). This salt is able to form coordinate bonds with the PVA polymer chains, attaching linear chains to form intermolecular or intramolecular bonds and resulting in a three-dimensional polymeric structure that allows one chain to slide over another without breaking these bonds. When cross-linking between chains occurs to a great extent, a material with characteristics of a gelatinous semi-solid is formed. The use of different solutions in synthesis influences the physicochemical properties of the gel formed. Regarding salts, it is clear that the difference between the three is the charge of ions present in solution, since the salts undergo dissociation in aqueous medium. Among the solutions used, it was observed that only the borax formed the slime, which is a material with viscoelastic properties. Aluminum sulfate promoted the formation of a more rigid-looking gelatinous material compared to slime. NaCl, CaCl₂ and Na₂SO₄ solutions did not promote the gelation process due to the ionic species loads in aqueous medium.

KEYWORDS: Slime, intermolecular forces, viscoelasticity, chemistry teaching.

INTRODUÇÃO

A abordagem contextualizada dos conteúdos escolares é um dos princípios norteadores do currículo do Ensino Médio, de acordo com as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (MEC, 2018). De acordo com os referenciais do documento, é necessária a articulação dos saberes com o contexto histórico, econômico, social, científico, ambiental e cultural, entre outros. A contextualização é um recurso que a escola tem de promover o aluno de uma condição passiva, que apenas recebe o conhecimento, para uma condição ativa, onde é possível facilitar sua participação e atuação na construção do conhecimento e na ligação entre conhecimento teórico e prático.

As metodologias ativas surgem como formas de direcionar o aluno a uma formação crítica, permitindo também a sua autonomia. Para Borges & Alencar (2014) elas são recursos didáticos que ajudam no processo de ensino-aprendizagem, pois possuem potencial para motivar e gerar curiosidade nos educandos. Diversos procedimentos ditos comuns fazem parte de metodologias ativas de ensino-aprendizagem. De acordo com Paiva *et al.*, (2016) entre eles estão os seminários, os trabalhos em grupo, mesas-redondas, debates temáticos, oficinas, leitura comentada, apresentação de filmes, interpretações de musicais, entre outros meios.

Buscando desenvolver um ensino mais contextualizado, mas sem a banalização do conhecimento, o objetivo do presente trabalho foi testar o uso de diferentes substâncias como agentes reticulantes para a formação de slime caseiro buscando desenvolver uma prática sobre ensino de ligações intermoleculares e identificação dos conceitos de viscosidade e elasticidade em turmas de ensino médio.

Slime é um material polimérico comercial que apresenta propriedades viscoelásticas

e pode ser preparado a partir da reação de um material polimérico com um agente reticulante. O *slime* comercial é preparado a partir de goma guar, que é uma mistura de polissacarídeos extraídos de plantas leguminosas e apresentam a capacidade de formar ligações de hidrogênio com a água. Esse material é comumente utilizado como espessante e estabilizante em alimentos (MUDGIL, BARAK & KHATAR, 2014; CASSASA, 1986).

Entre as diversas receitas de preparo de *slime* disponíveis nisoa literatura e na internet em geral, tem-se o uso do polímero álcool polivinílico (PVA) e do agente reticulante tetraborato de sódio, popularmente conhecido como Bórax. O PVA é um polímero sintético obtido a partir da hidrólise do poli(acetato de vinila) porque o monômero do PVA não é estável (YOUNG, 2005). Ele é usado nas mais diversas aplicações, como espumas, esponjas, revestimentos, tintas, colas e lentes de contato (MORRIS *et al.*, 2019).

A água boricada é uma solução comercial utilizada para assepsia e é constituída por uma solução 3% m/m de tetraborato de sódio em meio aquoso. Dessa forma, a água boricada é um material muito utilizado para o preparo de *slime* caseiro.

A formação do *slime* ocorre por meio de uma ligação entre as cadeias lineares do polímero PVA, chamado de Cross linking, pela adição do bórax. Forma-se um novo polímero tridimensional que apresenta propriedades viscoelásticas, que é chamado de *slime* (BRUCE *et al.*, 2016).

As propriedades do polímero tridimensional formado variam de acordo com o agente reticulante utilizado. Em geral, quando as ligações entre o agente reticulante e o polímero linear são dos tipos iônicas ou covalente, a interação é forte e forma-se um gel rígido. Do contrário, quando se utiliza um material que forma interações intermoleculares mais fracas entre as cadeias poliméricas lineares, forma-se um material com propriedades mais fluidas. No caso do bórax os átomos de oxigênio da estrutura formam ligações de hidrogênio com os hidrogênios da hidroxila do polímero PVA.

MATERIAIS E MÉTODOS

Materiais

Foram preparadas as soluções de Bórax 4%, sulfato de sódio 4%, cloreto de sódio 20%, álcool polivinílico 8%, sulfato de alumínio 20% e cloreto de cálcio 20%. Todas as soluções foram preparadas com concentrações massa/massa. Foram utilizados reagentes em grau puro disponíveis no laboratório da Instituição, com exceção do sulfato de alumínio, que foi adquirido em uma Loja para produtos de limpeza de piscinas. Foram utilizados para as misturas béqueres e bastões de vidro.

Para os testes de hidrólise foram utilizadas soluções de HCl e NaOH 0,1 Mol/L disponíveis no estoque do laboratório.

É importante destacar o uso seguro dos reagentes, uma vez que o bórax e o sulfato

apresentam toxicidade oral e dermatológica. Nenhum dos dois reagentes foi utilizado diretamente pelos discentes na forma sólida. As soluções foram preparadas seguindo as boas práticas de laboratório e segurança química.

Metodologia

As soluções foram previamente preparadas pela estagiária e pelo docente e as práticas foram realizadas no Laboratório de Química Geral e Inorgânica do Instituto Federal do Rio de Janeiro Campus Duque de Caxias. As práticas foram realizadas por 2 grupos de alunos em 3 semestres consecutivos: 2018.2, 2019.1 e 2019.2 na disciplina de Química Inorgânica. A prática foi separada em três momentos: no primeiro momento foi feita uma apresentação dialogada com quadro branco acerca dos conceitos de polímero, já que esses conceitos não haviam sido apresentados aos discentes ainda, cross-linking e forças intermoleculares. Logo após esse momento os discentes preparam um *slime* a partir de materiais comerciais usando cola branca e água boricada (ZEA BERMUDEZ, ALMEIDA & SEITA, 1998).

No segundo momento cada um dos grupos (A e B) ficou responsável por realizar os experimentos com as soluções 1,2 e 3 identificadas na Tabela 1. Foram entregues aos alunos um roteiro que deveria ser lido previamente para a realização dos procedimentos. O procedimento está descrito a seguir:

Procedimento Experimental

Coloque 10 mL de solução de PVA 4% m/v em um béquer. Acrescente pequena quantidade de corante, se disponível.

Meça 10 mL de solução salina e misturar à solução de PVA.

Agite vigorosamente até a mudança se completar.

Após o procedimento foram entregues as seguintes perguntas aos grupos:

Quais foram os efeitos das soluções salinas na solução de PVA? Por que os diferentes sais resultaram em diferentes propriedades do produto?

| | Grupo A | Grupo B | Característica |
|---|----------------|-------------------|----------------|
| 1 | Borax 4% | $A_2(SO_4)_3$ 20% | |
| 2 | Na_2SO_4 20% | Formaldeído | |
| 3 | NaCl 20% | $CaCl_2$ 20% | |

Tabela 1: Soluções utilizadas para o teste de preparo de *slime*.

Fonte: Adaptado de Isokawa et al., 2015

Seguido do preparo desses materiais foram realizados os testes para avaliar suas propriedades viscoelásticas e a capacidade de espécies ácidas e básicas na hidrólise das cadeias poliméricas, conforme o procedimento a seguir:

Separe uma pequena porção do fluido viscoelástico e faça alguns testes: uma

bolinha quica quando jogada sobre a bancada? Em repouso, o que ocorre? Se adicionarmos algumas gotas de HCl, o que ocorre? E se adicionarmos sobre essa mistura gotas de solução de NaOH?

No terceiro momento, em data previamente agendada com antecedência, os grupos apresentaram um seminário utilizando como recurso vídeos, projetor de multimídia e quadro negro e foram avaliados pelo professor orientador. O tempo estipulado para a apresentação foi de 20 minutos e foram avaliados critérios como conteúdo e forma dos slides, domínio do conteúdo e tempo de apresentação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O PVA é um polímero cuja estrutura está representada na Figura 1. Sua cadeia apresenta grupos hidroxila que são capazes de fazer ligações de Hidrogênio com a água.

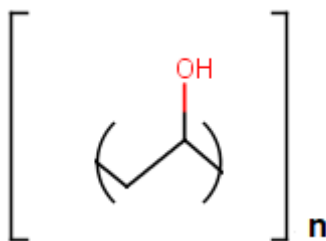
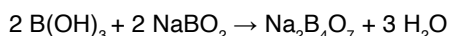


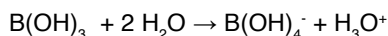
Figura 1. Estrutura do PVA

Fonte: Elaborado pelo autor.

O tetraborato de sódio ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$) é preparado a partir da reação do ácido bórico com metaborato de sódio, conforme a reação a seguir:



Como um sal proveniente de um ácido fraco com uma base forte, o íon tetraborato sofre hidrólise em meio aquoso, formando ácido bórico e metaborato de sódio (reação inversa). O ácido bórico, por sua vez, também sofre hidrólise, de acordo com a seguinte reação:



O ácido bórico, como base de Bronsted é capaz de receber íons H^+ da água, formando a base conjugada B(OH)_4^- , que pode interagir com o PVA. Forma-se um tampão alcalino ácido bórico-metaborato (SEREDA & HAWKINS, 2018). Em baixas concentrações o borato forma ligações coordenadas com os oxigênios das hidroxilas do PVA em meio aquoso (Figura 2).

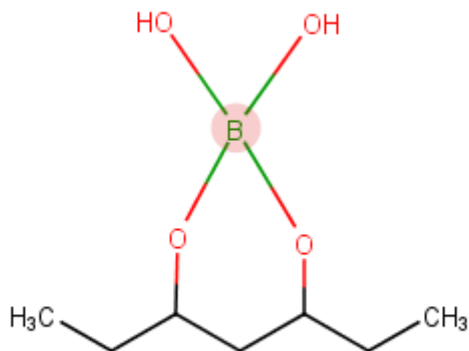


Figura 2: Interação do borato com a cadeia do PVA.

Fonte: Elaborado pelo autor.

O borato é capaz de formar ligações coordenadas com as cadeias poliméricas do PVA, unindo as cadeias para formar ligações intermoleculares ou intramoleculares e resultando numa estrutura polimérica tridimensional, que permite o deslizamento de uma cadeia sobre a outra, sem romper essas ligações. Quando o cross-linking entre as cadeias acontece em grande extensão forma-se um material com características de um semi-sólido gelatinoso. A ligação entre as cadeias poliméricas é fraca e pode ser facilmente desfeita dissolução do polímero formado em água. Isso é possível devido às interações intermoleculares do tipo ligação de Hidrogênio entre o PVA e a água. De maneira semelhante, o grau de reticulação pode ser controlado pela mudança na concentração do bórax no meio, que é feito geralmente por titulação com um ácido forte. Ao adicionar um ácido forte, ocorre uma neutralização de parte do tetraborato, reduzindo a sua concentração e reticulação. Esse tipo de experimento é utilizado para explicar a relação entre as propriedades microscópicas e macroscópicas dos materiais (NYASULU & MACKLIN, 2006; MCLAUGHLIN, 1997; THE et al., 2016).

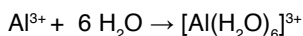
Na Figura 3 é apresentada uma imagem do material produzido a partir da reação do bórax com PVA. O *slime* obtido apresentava aspecto translúcido, era viscoelástico, e ao realizar o teste sobre a superfície da bancada, observou-se que o mesmo ricocheteava ao ser lançado. Ao ser puxado lentamente, se esticava, devido a elasticidade, e ao ser segurado pelas pontas dos dedos, escoava lentamente.



Figura 3: *Slime* produzido a partir de bórax e PVA

A síntese do *slime* utilizando bórax ou água boricada permite a abordagem de uma série de discussões envolvendo teorias ácido-base, ligações coordenadas e interações intermoleculares de forma contextualizada.

Como citado anteriormente, o uso de diferentes soluções na síntese influencia nas propriedades físico-químicas do gel formado. Foram utilizadas soluções de Na_2SO_4 , NaCl , CaCl_2 , $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ e formaldeído. Em relação aos sais, percebe-se que a diferença entre os três está carga dos íons presentes em solução, uma vez que os sais sofrem dissociação em meio aquoso. O sulfato de alumínio é o sal que apresenta íons com cargas mais altas. Em presença de água, o íon Al^{3+} forma aquacomplexo, conforme a reação a seguir:



O Al^{3+} atua como ácido de Lewis e a água, que é o ligante, atua como base de Lewis. O complexo formado é capaz de neutralizar as cargas negativas presentes em tamanho coloidal. Por isso o $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ é comumente utilizado com agente coagulante e floculante na limpeza de reservatórios de água, piscinas e em tratamento de água. A neutralização de cargas que antes eram iguais, promove a junção das partículas de tamanho coloidal, processo chamado de coagulação. Sob agitação as partículas que agora apresentam cargas opostas se juntam, formando partículas maiores no processo de floculação. No caso da síntese do polímero utilizando o sulfato de alumínio, forma-se um material gelificado que apresenta características próximas ao *slime* preparado bórax, mas não é considerado um *slime*. A característica viscosa está associada a resistência ao escoamento e pode ser comprovada segurando-se o material produzido e esperando alguns segundos para observar seu escoamento lento. A característica elástica, que está associada a remoção da deformação ao cessar a aplicação da força pode ser observada a partir da formação de uma 'bolinha' com o material e jogando-se esse objeto sobre uma superfície plana. Devido a sua característica elástica, este irá saltar. Ao colocar o material sobre a superfície plana e aplicar uma força com o dedo observa-se uma leve deformação, com espalhamento. Ao cessar a aplicação desta força, o material retorna para a condição bem próxima da inicial. A

propriedade viscoelástica pode ser observada a partir do esticamento lento e esticamento rápido do material. Ao esticar lentamente, o material tende a se deformar sem se romper, até certo limite e ao esticar rapidamente, o material se rompe (ZEA BERMUDEZ, ALMEIDA & SEITA, 1998).

Na Figura 4 é apresentada a mistura da solução de PVA com NaCl. A solução de NaCl não forma o material gelificado devido à baixa carga dos íons provenientes deste sal. Por este motivo, não ocorre o processo de coagulação e floculação. O Na_2SO_4 forma um gel rígido, cuja característica pode ser observada esticando-se o material lentamente o abruptamente. De ambos os modos, o material se rompe, sem fluir. Isso pode ser explicado devido a carga dos íons provenientes da dissociação desse sal. Por fim, o uso do formaldeído não propiciou a formação de um material rígido, conforme conta na literatura. A explicação para este resultado é devido à baixa concentração do reagente disponível. Como a compra deste reagente é controlada por órgãos específicos, não foi possível adquirir um novo frasco do reagente.



Figura 4: Material produzido a partir da mistura de PVA com solução de NaCl.

Na Figura 5 é apresentada a imagem do *slime* produzido a partir da reação do PVA com a solução de Na_2SO_4 . O material obtido apresentou aspecto opaco e rigidez ao ser deformado (esticado lentamente e rapidamente) em comparação ao *slime* produzido a partir da reação com bórax.



Figura 5: *Slime* produzido a partir da reação de PVA com Na_2SO_4

A coagulação ocorre em meio ácido e a adição de uma base forte, como o NaOH desfaz o processo de coagulação. Desta forma, a adição da solução de NaOH faz com que o hidrogel se rompa, formando pequenos pedaços. Como a reação é reversível, a adição de HCl forma novamente o hidrogel inicial. Além das propriedades avaliadas a partir do uso de diferentes sais e da mudança de pH do meio é possível realizar um estudo mais aprofundando da influência do pH nas propriedades do gel, utilizando-se soluções tampão, por exemplo ou bases e ácidos mais fracos.

As apresentações dos grupos nos 3 semestres consecutivos mostram que o processo de ensino-aprendizagem de conceitos importantes de química pode ser realizado de forma contextualizada e divertida. É possível relacionar conceitos diversos a partir de uma única prática e utilizando materiais de baixo custo. Os experimentos podem ser desenvolvidos com turmas do ensino médio de química geral, química orgânica e química inorgânica.

CONCLUSÃO

Entre as soluções utilizadas, observou-se que apenas o bórax formou o *slime*, que é um material com propriedades viscoelásticas. O sulfato de alumínio promoveu a formação de um material gelatinoso de aspecto mais rígido em comparação ao *slime*. As soluções de NaCl, CaCl_2 e Na_2SO_4 não promoveram o processo de gelificação devido às cargas das espécies iônicas em meio aquoso.

A partir de uma prática simples para obtenção de um material popular utilizando como um item de diversão, como o *slime*, é possível aplicar conhecimentos de química, como teorias ácido-base, polimerização, viscosidade, elasticidade, coagulação e floculação

de forma contextualizada. O presente relato de experiência é uma proposta de aplicação de metodologia ativa no ensino de química no Ensino Básico. Esse tipo de prática pode ser aplicada em diferentes espaços de ensino e utilizando outros materiais, de forma a promover uma discussão mais detalhada até mesmo em cursos de graduação para a formação de docentes e/ou cursos de atualização de profissionais da área de educação.

AGRADECIMENTOS

O autor agradece ao Instituto Federal do Rio de Janeiro pelo suporte e infraestrutura para a realização dos experimentos.

REFERÊNCIAS

- BORGES, T. S.; ALENCAR, G. Metodologias Ativas na formação crítica do estudante: O uso das metodologias ativas como recurso didático na formação crítica do estudante de ensino superior. **Cairu em Revista**, n. 4, p. 119-143, 2014.
- BRUCE, M. R. M.; BRUCE, A. E.; AVARGIL, S.; AMAR, F. G.; WEMYSS, T. M.; FLOOD, V. J. Polymers and Cross-Linking: A CORE Experiment To Help Students Think on the Submicroscopic Level. **Journal of Chemical Education**, v. 93, n. 9, p.1599–1605, 2016.
- CASASSA, E.Z.; SARQUIS, A.M.; VAN DYCKE, C.H. The Gelation of Polyvinyl Alcohol with Borax: A Novel Class Participation Experiment Involving the Preparation and Properties of a “Slime. **Journal of Chemical Education**, v. 63, n.1, p.57-60, 1986.
- DE ZEA BERMUDEZ, V.; DE ALMEIDA, P. P.; SEITA, J. F. How To Learn and Have Fun with Poly(Vinyl Alcohol) and White Glue. **Journal of Chemical Education**, v. 75, n.11, p.1410-1418,1998.
- ISOKAWA, N.; FUEDA,K.; MIYAGAWA, K.; KANNO, K. Demonstration of the Coagulation and Diffusion of Homemade Slime Prepared Under Acidic Conditions without Borate. **Journal of Chemical Education**, v. 92, n.11, p.1886–1888, 2015.
- LÓPEZ-MALDONADO, E. A.; OROPEZA-GUZMAN, M. T.; JURADO- BAIZAVAL, J. L.; OCHOA-TERÁN, A. Coagulation–flocculation mechanisms in wastewater treatment plants through zeta potential measurements. **Journal of Hazardous Materials**, v. 279, n.30, p.1–10, 2014.
- MATILAINEN, A.; VEPSÄLÄINEN, M.; SILLANPÄÄ, M. Natural Organic Matter Removal by Coagulation during Drinking Water Treatment: A Review. **Advanced Colloid Interface Science**, v. 159, n.2, p. 189-197, 2010.
- MCLAUGHLIN, K. W.; WYFFELS, N. K.; JENTZ, A. B.; KEENAN, M. V. The Gelation of Poly(Vinyl Alcohol) with Na₂B₄O₇.10H₂O: Killing Slime. **Journal of Chemical Education**, v. 74, n.1, p.97-99, 1997.
- MORRIS, R. K.; HILKER, A. P.; MATTICE, T. M.; DONOVAN, S. M.; WENTZEL, M. T.; & WILLOUGHBY, P. H. Simple and Versatile Protocol for Preparing Self-Healing Poly(vinyl alcohol) Hydrogels. **Journal of Chemical Education**, v. 96, n.10, p. 2247-2252, 2019.

MUDGII, D.; BARAK, S; KHATAR, B.S. Guar gum: processing, properties and food applications—A Review. **Journal of Food Science and Technology**, v. 51, n.3, p.409-18, 2014.

NYASULU, F. W.; MACKLIN, J. Intermolecular and Intramolecular Forces: A General Chemistry Laboratory Comparison of Hydrogen Bonding in Maleic and Fumaric Acids. **Journal of Chemical Education**, v. 83, n.5, p.1-3, 2006.

PAIVA, M. R., PARENTE, J. R., BRANDÃO, I. R., QUEIROZ, A. H. Metodologias Ativas de ensino-aprendizagem: Revisão Integrativa. **Revista de Políticas Públicas**, v. 15, n.2, p. 145-153, 2016.

SEREDA, G.; HAWKINS, B. Introducing Students to the Medical Applications of Cross-Linked Hydrogels Using Nontoxic Materials and Experiments Suitable for Many Settings. **Journal of Chemical Education**, v. p.1-3, 2018.

SHEN, J.; TONELLI, A. E. Demonstrating Unique Behaviors of Polymers. **Journal of Chemical Education**, v. 94, n. 11, p. 1738–1745, 2017.

SHERMAN, M. Polymers, polymers, everywhere!: A workshop for pre-high school teachers and students. **Journal of Chemical Education**, v. 64, n.10, p.868-869, 1987.

SHIBAYAMA, M.; SATO, M.; KIMURA, Y.; FUJIWARA, H.; NOMURA, S. 11B n.m.r. study on the reaction of poly(vinyl alcohol) with boric acid. **Polymer**, v.29 n.2, p. 336–340, 1988.

TEH, C. Y.; BUDIMAN, P. M.; SHAK, K. P. Y.; WU, T. Y. Recent Advancement of Coagulation–Flocculation and Its Application in Wastewater Treatment. **Industrial & Engineering Chemistry Research**, v. 55, n.16, p. 4363–4389, 2016.

YOUNG, J. A. Poly(Vinyl Alcohol). **Journal of Chemical Education**, v. 82, n.10, p.1466, 2005.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Abordagem contextual 40, 41, 42, 49

Ambiente virtual de aprendizagem 52

Aprendizagem de química 33, 34, 53

Aula investigativa 23

E

Educação 10, 14, 15, 20, 21, 22, 23, 28, 31, 32, 39, 42, 50, 51, 52, 53, 54, 63, 64

Ensino de ciências 31, 32, 39, 40, 41, 42, 47, 50, 51

Ensino de química 1, 10, 12, 14, 17, 18, 19, 21, 22, 32, 33, 34, 36, 37, 39, 40, 41, 42, 45, 47, 50, 54

Ensino superior de química 23

Experimentação 24, 31, 33, 34, 36, 39, 46, 54

F

Forças intermoleculares 1, 4

J

Jogos didáticos 12, 13, 14, 18, 19, 20

P

Programação 53, 56, 57, 62

R

Recurso didático 10, 18, 20, 33

S

Slime 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10

Solução tampão 52, 53, 55, 56, 57, 58

T

Tabela periódica 18, 19, 21, 22, 33, 34, 35, 37, 38, 54

Teoria da aprendizagem significativa 40, 41, 43, 44, 45, 51

V

Viscoelasticidade 1

🌐 www.atenaeditora.com.br
✉ contato@atenaeditora.com.br
📷 @atenaeditora
📘 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

ENSINO DE QUÍMICA:

aprendizagem significativa

teórica e prática

🌐 www.atenaeditora.com.br
✉ contato@atenaeditora.com.br
📷 @atenaeditora
📘 www.facebook.com/atenaeditora.com.br



ENSINO DE QUÍMICA:

aprendizagem significativa
teórica e prática