



# A GERAÇÃO DE NOVOS CONHECIMENTOS NA QUÍMICA

Eleonora Celli Carioca Arenare  
(Organizadora)



**Atena**  
Editora  
Ano 2021

# A GERAÇÃO DE NOVOS CONHECIMENTOS NA QUÍMICA

Eleonora Celli Carioca Arenare  
(Organizadora)

**Editora Chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Assistentes Editoriais**

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto Gráfico e Diagramação**

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

**Imagens da Capa**

Shutterstock

**Edição de Arte**

Luiza Alves Batista

**Revisão**

Os Autores

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 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 Humanas e Sociais Aplicadas**

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo  
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá  
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Elói Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima  
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas  
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Pablo Ricardo de Lima Falcão – Universidade de Pernambuco  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador  
Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Vanessa Ribeiro Simon Cavalcanti – Universidade Católica do Salvador  
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará  
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás  
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados  
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia  
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

### **Ciências Biológicas e da Saúde**

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília  
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Profª Drª Daniela Reis Joaquim de Freitas – Universidade Federal do Piauí  
Profª Drª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Profª Drª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina  
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília  
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Fernanda Miguel de Andrade – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra  
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia  
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco  
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas  
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federacl do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados  
Profª Drª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino  
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Welma Emidio da Silva – Universidade Federal Rural de Pernambuco

### **Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto  
Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie  
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 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  
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 Gonçalves de Lima – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

#### **Linguística, Letras e Artes**

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro  
Profª Drª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará  
Profª Drª Edna Alencar da Silva Rivera – Instituto Federal de São Paulo  
Profª Drª Fernanda Tonelli – Instituto Federal de São Paulo,  
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná  
Profª Drª Miraniide Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará  
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

#### **Conselho Técnico Científico**

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza  
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí  
Profª Ma. Adriana Regina Vettorazzi Schmitt – Instituto Federal de Santa Catarina  
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais  
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional  
Profª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás  
Profª Drª Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras  
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa  
Profª Drª Andrezza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia  
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais  
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco  
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar  
Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos  
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Me. Carlos Augusto Zilli – Instituto Federal de Santa Catarina  
Prof. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná  
Profª Drª Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo  
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas  
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília  
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa

Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás  
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia  
Prof. Me. Edson Ribeiro de Britto de Almeida Junior – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases  
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina  
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil  
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita  
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás  
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí  
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes – Instituto Edith Theresa Hedwing Stein  
Prof. Me. Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás  
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora  
Prof. Me. Fabiano Eloy Atilio Batista – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas  
Prof. Me. Francisco Odécio Sales – Instituto Federal do Ceará  
Prof. Me. Francisco Sérgio Lopes Vasconcelos Filho – Universidade Federal do Cariri  
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo  
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária  
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás  
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina  
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro  
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza  
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College  
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará  
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social  
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe  
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay  
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco  
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás  
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFGA  
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia  
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis  
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenología & Subjetividade/UFPR  
Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
Profª Ma. Lilian de Souza – Faculdade de Tecnologia de Itu  
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
Profª Drª Lúvia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe  
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná  
Profª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz  
Profª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof. Me. Luiz Renato da Silva Rocha – Faculdade de Música do Espírito Santo  
Profª Ma. Luma Sarai de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas  
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos

Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva – Governo do Estado do Espírito Santo  
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior  
Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo  
Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará  
Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Prof. Dr. Pedro Henrique Abreu Moura – Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais  
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie  
Profª Drª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos  
Prof. Me. Rafael Cunha Ferro – Universidade Anhembi Morumbi  
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Me. Renan Monteiro do Nascimento – Universidade de Brasília  
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa  
Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba  
Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão  
Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo  
Profª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana  
Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo  
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

## A geração de novos conhecimentos na química

**Bibliotecária:** Janaina Ramos  
**Diagramação:** Maria Alice Pinheiro  
**Correção:** Maiara Ferreira  
**Edição de Arte:** Luiza Alves Batista  
**Revisão:** Os Autores  
**Organizadora:** Eleonora Celli Carioca Arenare

### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

G354 A geração de novos conhecimentos na química /  
Organizadora Eleonora Celli Carioca Arenare. – Ponta  
Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-171-5

DOI 10.22533/at.ed.715211806

1. Química. I. Arenare, Eleonora Celli Carioca  
(Organizadora). II. Título.

CDD 540

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

**Atena Editora**

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

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

contato@atenaeditora.com.br

## 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.

## APRESENTAÇÃO

A proposta implícita nessa coletânea fundamenta-se numa valorização eclética da pluralidade e diversidade, que reúne pesquisas que envolvem diversas linhas de abordagem, destacando-se por meio de tendências de estudos envolvendo a Ciência “Química”. Tendo como propósito principal disseminar e divulgar no meio acadêmico, envolvido com tal Ciência, informações provenientes de estudos e pesquisas desenvolvidas pela comunidade acadêmica contemporânea.

O e-book “A Geração de Novos Conhecimentos na Química”, está dividido em dois volumes, totalizando 46 artigos científicos, destacando-se temáticas pesquisadas e discutidas por estudantes, professores e pesquisadores. Os quais evidenciam, artigos teóricos e pesquisas de campo, abrangendo a linha de Ensino e diversas outras linhas de estudo, que se desenvolveram por meio de pesquisas laboratoriais.

O volume I aborda tendências, envolvidos com a área de Ensino de Química, os quais dão ênfase as seguintes abordagens: Ensino Remoto, Experimentação, Concepções Pedagógicas, Bioinformática, Contextualização, Jogos Lúdicos, Redes Sociais, Epistemologia, Formação de Professores, Habilidades e Competências e Metodologias utilizadas no processo de Ensino e Aprendizagem.

O volume II aborda temáticas de cunho experimental, desenvolvidas e comprovadas por meio das análises desenvolvidas em diferentes universidades brasileiras, dando ênfase à: Química Inorgânica, Eletroquímica, Química Orgânica, Química dos Alimentos, Quimiometria, Química Analítica, Química Biológica, Nanoquímica e Processos Corrosivos.

A coletânea é indicada para àqueles (estudantes, professores e pesquisadores) envolvidos com a Ciência “Química”, que anseiam por intermédio de informações atualizadas, apropriarem-se de novas informações, correlacionadas a pesquisas acadêmicas, tendo desta forma, novas bases de estudo e investigação para a aquisição e construção de novos conhecimentos.

Excelente leitura!

Eleonora Celli Carioca Arenare

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

**A IMPORTÂNCIA DO TRABALHO EXPERIMENTAL NO PROCESSO ENSINO-APRENDIZAGEM NA EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS**

Teresa de Jesus Manuel

Claudia Celeste Frutuoso

**DOI 10.22533/at.ed.7152118061**

### **CAPÍTULO 2..... 8**

**A QUÍMICA CONTADA PELA HISTÓRIA DAS MOLÉCULAS: PROPOSTAS PEDAGÓGICAS A PARTIR DO CASO DA QUININA**

Rogério Côrte Sassonia

**DOI 10.22533/at.ed.7152118062**

### **CAPÍTULO 3..... 19**

**A TEMÁTICA DOS ALIMENTOS NO ENSINO DE ÁCIDOS E BASES: ARTICULANDO SABERES TEÓRICOS E PRÁTICOS EM UMA OFICINA DIDÁTICA**

Patrícia Flávia da Silva Dias Moreira

Wagner de Oliveira Feitosa

Melquesedeque da Silva Freire

**DOI 10.22533/at.ed.7152118063**

### **CAPÍTULO 4..... 33**

**A UTILIZAÇÃO DO “JOGO DAS ASSOCIAÇÕES” NO ENSINO DE QUÍMICA: UMA ABORDAGEM CONTEXTUALIZADA DO CONTEÚDO FUNÇÕES ORGÂNICAS ENVOLVENDO MEDICAMENTOS**

Alex Batista Oliveira Cardoso

Ana Angélica dos Santos Faro

Éverton da Paz Santos

Givanildo Batista da Silva

Eric Fabiano Sartorato de Oliveira

Andreza Cristina da Silva Andrade

**DOI 10.22533/at.ed.7152118064**

### **CAPÍTULO 5..... 46**

**AS ATIVIDADES PRÁTICAS EM LABORATÓRIO E A FORMAÇÃO EM ENGENHARIA DE PETRÓLEO: A AQUISIÇÃO DE COMPETÊNCIAS POR MEIO DA EXPERIMENTAÇÃO**

Sérgio Allan Barbosa de Ornellas

Lucas Velloso Oliveira da Silva

Geraldo de Souza Ferreira

Rogério Fernandes de Lacerda

**DOI 10.22533/at.ed.7152118065**

**CAPÍTULO 6..... 59**

**ATIVIDADES BASEADAS EM BIOINFORMÁTICA PARA A OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE ENSINO-APRENDIZAGEM DE CIÊNCIAS DA VIDA: UM ESTUDO DE CASO NO ENSINO BÁSICO**

Thiago Lipinski-Paes  
Hendrie Ferreira Nunes  
Camila Rodrigues França  
Jonathan Campos de Oliveira  
Renata Waleska de Sousa Pimenta

**DOI 10.22533/at.ed.7152118066**

**CAPÍTULO 7..... 79**

**CONCEPÇÕES PEDAGÓGICAS E A COMPLEXIDADE NA FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE QUÍMICA PARA O EXERCÍCIO DA DOCÊNCIA DE FORMA EFETIVA, INCLUSIVA E CONTEXTUALIZADA**

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua  
Marilene Aparecida Fernandes Pereira

**DOI 10.22533/at.ed.7152118067**

**CAPÍTULO 8..... 91**

**DESENVOLVIMENTO DE UMA METODOLOGIA EFICIENTE PARA INTRODUÇÃO DA NANOCIÊNCIA NO ENSINO REMOTO**

João Luiz Oliveira Maciel Júnior  
Dennis da Silva Ferreira  
Mateus Pereira de Sousa Milhomem  
Sívio Quintino de Aguiar Filho  
Lucas Samuel Soares dos Santos

**DOI 10.22533/at.ed.7152118068**

**CAPÍTULO 9..... 103**

**ESTUDO DE VIABILIDADE DA EXPLORAÇÃO DO GÁS DE FOLHELHO NA AMAZÔNIA**

Carla Giovanna Barbosa da Silva  
Cristianlia Amazonas da Silva Pinto  
Sávio Raider Matos Sarkis

**DOI 10.22533/at.ed.7152118069**

**CAPÍTULO 10..... 115**

**JOGO LÚDICO COMO ESTRATÉGIA DE METODOLOGIA ALTERNATIVA PARA O ENSINO DOS CONCEITOS BÁSICOS EM QUÍMICA**

Antonio Ramon Freitas Moura  
Flávia Oliveira Monteiro da Silva Abreu  
Stephany Swellen Vasconcelos Maia  
Henety Nascimento Pinheiro  
Beatriz Jales de Paula  
Bárbara de Fátima do Nascimento Pereira  
Samantha Valente de Oliveira

**DOI 10.22533/at.ed.71521180610**

**CAPÍTULO 11..... 130**

**O ENSINO DE QUÍMICA NA REDE**

Nathália Sayuri Tateno  
José Guilherme Martins Siqueira  
Gisele Apolinário Mendes  
Karina Ribeiro Ferreira  
Maria do Socorro Ribeiro da Silva  
Jocélia Pereira de Carvalho Oliveira

**DOI 10.22533/at.ed.71521180611**

**CAPÍTULO 12..... 139**

**OBJETOS DIGITAIS DE APRENDIZAGEM COMO ALTERNATIVA METODOLÓGICA NO ENSINO DE QUÍMICA**

Deracilde Santana da Silva Viégas  
Deranilde Santana da Silva  
Isaide de Araujo Rodrigues

**DOI 10.22533/at.ed.71521180612**

**CAPÍTULO 13..... 152**

**O USO DE MAPAS CONCEITUAIS COMO FERRAMENTA ALTERNATIVA NO PROCESSO DE ENSINO-APRENDIZAGEM DE EQUILÍBRIO QUÍMICO**

Lais Conceição Tavares  
Alex Gomes de Oliveira  
Regina Celi Sarkis Müller  
Adriano Caldeira Fernandes

**DOI 10.22533/at.ed.71521180613**

**CAPÍTULO 14..... 163**

**PRÁTICA DIDÁTICA E SUSTENTÁVEL NO ENSINO DE QUÍMICA: EXTRAÇÃO DA BIXINA A PARTIR DE SEMENTES DE URUCUM VALORANDO OS CORANTES NATURAIS**

Sidne Rodrigues da Silva  
Álvaro Itaúna Schalcher Pereira  
Nayra Salazar Rocha  
Weslen Carlos Silva Martins  
Adilson Luís Pereira Silva  
Aldemir da Guia Schalcher Pereira

**DOI 10.22533/at.ed.71521180614**

**CAPÍTULO 15..... 169**

**PRODUÇÃO DE VIDEOAULAS EM LÍNGUA BRASILEIRA DE SINAIS COMO ESTRATÉGIA PARA APRIMORAR A COMPREENSÃO DE CONTEÚDOS DE QUÍMICA NO ENSINO-APRENDIZAGEM DE ESTUDANTES SURDOS**

Antônio Ricardo Araújo Gonçalves  
Alexandra Souza de Carvalho

**DOI 10.22533/at.ed.71521180615**

<b>CAPÍTULO 16.....</b>	<b>180</b>
<b>PRODUÇÃO E AVALIAÇÃO DE RECURSOS DIDÁTICOS COMO FERRAMENTA METODOLÓGICA PARA AUXILIAR NO PROCESSO DE ENSINO APRENDIZAGEM NAS AULAS DE QUÍMICA NA EDUCAÇÃO BÁSICA</b>	
Alexandra Souza de Carvalho Arisa Evelyn Pinheiro dos Santos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.71521180616</b>	
<b>CAPÍTULO 17.....</b>	<b>190</b>
<b>PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA DE MICRO E MACROALGAS COMO INIBIDORES DE CORROSÃO</b>	
Vanessa Mattos dos Santos Anita Ferreira do Valle Eliane D'Elia Mariana dos Santos Tavares	
<b>DOI 10.22533/at.ed.71521180617</b>	
<b>CAPÍTULO 18.....</b>	<b>200</b>
<b>QUÍMICA E REVOLUÇÃO CIENTÍFICA: UMA TENTATIVA DE CONCILIAÇÃO ENTRE INCOMENSURABILIDADE E ACUMULAÇÃO EPISTEMOLÓGICA</b>	
Kleber Cecon Rogério Côrte Sassonia	
<b>DOI 10.22533/at.ed.71521180618</b>	
<b>SOBRE A ORGANIZADORA.....</b>	<b>218</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO.....</b>	<b>219</b>

# CAPÍTULO 6

## ATIVIDADES BASEADAS EM BIOINFORMÁTICA PARA A OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE ENSINO-APRENDIZAGEM DE CIÊNCIAS DA VIDA: UM ESTUDO DE CASO NO ENSINO BÁSICO

Data de aceite: 01/06/2021

Data de submissão: 07/05/2020

### **Thiago Lipinski-Paes**

Instituto Federal de Santa Catarina,  
Gaspar – SC  
<http://lattes.cnpq.br/2034374529960970>

### **Hendrie Ferreira Nunes**

Instituto Federal de Santa Catarina,  
Gaspar – SC  
<http://lattes.cnpq.br/8989619783283445>

### **Camila Rodrigues França**

Instituto Federal de Santa Catarina,  
Gaspar – SC  
<http://lattes.cnpq.br/4060995901915846>

### **Jonathan Campos de Oliveira**

Instituto Federal de Santa Catarina,  
Gaspar – SC  
<http://lattes.cnpq.br/4060995901915846>

### **Renata Waleska de Sousa Pimenta**

Instituto Federal de Santa Catarina,  
Gaspar – SC  
<http://lattes.cnpq.br/5768947252840034>

**RESUMO:** A era tecnológica se expressa no campo educacional através de desafios e novas perspectivas. Com a utilização de novas tecnologias percebemos as possibilidades de inovação nas metodologias de ensino e aprendizagem, podendo gerar um melhor aproveitamento deste processo por parte dos estudantes. Além disso, os estudantes da

educação básica são nativos digitais, ou seja, a utilização de tecnologias faz parte da constituição desses jovens enquanto sujeitos históricos. Assim, basear os processos educativos na utilização de tecnologias diferenciadas permite uma aproximação do ensino com o universo no qual os estudantes estão inseridos. Dessa maneira, o presente trabalho teve por finalidade a criação, aplicação e avaliação de procedimentos metodológicos orientados às aulas de química e biologia dos cursos técnicos integrados – baseando-se na interatividade provida pela bioinformática. O projeto visa contribuir para a formação integral dos alunos no que se refere à relação ensino e pesquisa, apresentando-os ferramentas científicas enquanto contribui para melhor rendimento no que tange ao processo de ensino-aprendizagem. Isso é feito por meio de *softwares* gratuitos orientados à área de bioinformática, os quais unificam diversas áreas do conhecimento e fazem uso de tecnologia digital demonstrando, de certa maneira, a relação entre o desenvolvimento tecnológico e científico, além de atuar como incentivo às áreas *STHEM (Science, Technology, Humanity, Engineering and Math)*. Ademais, o trabalho visa contribuir também para a permanência e êxito de alunos nas instituições de ensino.

**PALAVRAS - CHAVE:** Bioinformática. Ensino. *STHEM*. Proteínas. Filogenia.

## BIOINFORMATICS-BASED ACTIVITIES FOR LIFE SCIENCES TEACHING-LEARNING PROCESS OPTIMIZATION: A CASE STUDY IN SECONDARY EDUCATION AND HIGH SCHOOL

**ABSTRACT:** The age of technology is expressed in the educational field through challenges and new perspectives. With the use of new technologies, we realize the possibilities of innovation in teaching and learning methodologies, which can better use this process by students. In addition, basic education students are digital natives, that is, the use of technologies is part of the constitution of these young people as historical subjects. Thus, basing the educational processes on the use of differentiated technologies allows an approximation of teaching with the universe in which the students are inserted. In this way, the present work aimed at creating, applying, and evaluating methodological procedures oriented to the chemistry and biology classes of the integrated technical courses - based on the interactivity provided by bioinformatics. The project aims to contribute to the integral training of students concerning the relationship between teaching and research, presenting them with scientific tools while contributing to better performance in terms of the teaching-learning process. This is done through free software oriented to the bioinformatics area, which unifies several areas of knowledge and uses digital technology, demonstrating, in a certain way, the relationship between technological and scientific development and acting as an incentive to the STHEM areas. (Science, Technology, Humanity, Engineering, and Math). In addition, the work also aims to contribute to the permanence and success of students in educational institutions.

**KEYWORDS:** Bioinformatics. Teaching. STHEM. Proteins. Phylogeny.

### 1 | INTRODUÇÃO

Nossas vidas são, cada vez mais, afetadas pelos avanços científicos e da tecnologia digital, desde atividades corriqueiras como navegar na internet, pagar contas ou acessar a previsão do tempo, até discussões mais profundas como, por exemplo, alimentos geneticamente modificados, clonagem ou células-tronco. Além disso, com a explosão da era digital, vemos nossos alunos seguidamente imersos neste universo, o que pode muitas vezes gerar transtornos (AMERICAN PSYCHOLOGICAL ASSOCIATION, 2015). Por tais motivos, é imperativo que forneçamos a nossos alunos uma formação que os faça entender melhor o mundo em que vivem e como toda essa tecnologia pode ser utilizada de forma a beneficiá-los. Uma maneira de fazer isso é inserirmos tais jovens no universo científico. No entanto, nas Universidades, temos presenciado o encolhimento no número de estudantes interessados em Ciências (ROCARD et al., 2007), algo que iniciativas orientadas a Ciência, Tecnologia, Humanidades, Engenharia e Matemática (STHEM, em inglês: *Science, Technology, Humanity, Engineering and Mathematics*) tem buscado inverter, muitas vezes com sucesso na Europa e Estados Unidos (KANG, 2012; KEARNEY, 2016).

Um estudo recente apontou que novas grades curriculares e novos métodos de ensino, mais atrativos, parecem contribuir para o crescimento do interesse dos alunos. Além disso, existe uma grande relação entre nossos professores do ensino médio e nossas

opções de carreira. Fica evidente então, o impacto possível quando um docente que leciona para o Ensino Médio opta por estabelecer processos de ensino-aprendizado pautados na utilização de novas tecnologias de ensino. Além disso, já é sabido que a abordagem tradicional de ensino centrada no professor vem enfrentando desafios sem precedentes, como por exemplo competir com os aplicativos de celular. Os indivíduos nascidos a partir da metade dos anos 1990, hoje alunos chamados de “Geração Digital” ou “Geração Z”, cresceram cercados de tecnologia, como destacam Veen e Vrakking (2006 apud ROCHA; MATOS, 2013),

[...] usando múltiplos recursos tecnológicos desse a infância: o controle remoto da televisão, o mouse do computador, o minidisc e, mais recentemente, o telefone celular, o iPod e o aparelho de mp3. Esses recursos permitiram às crianças de hoje ter controle sobre o fluxo de informações, lidar com informações descontinuadas e com a sobrecarga de informações, mesclar comunidades virtuais e reais, comunicarem-se e colaborarem em rede, de acordo com as suas necessidades.

Sendo o ensino algo que é dependente do indivíduo e esse dependente do meio em que está inserido, é evidente que não se pode ignorar a tecnologia quando da lida com processos de ensino-aprendizagem. Destaca-se, no entanto, que cuidados devem ser tomados para que não se aplique uma visão meramente tecnicista, de acordo com Rezende (2002, p. 2), confiando “[...] à tecnologia educacional a renovação da educação”. Não sendo indicado, então, que se limite a aplicação de tecnologia ao que o autor chama de “vestir o velho com roupa nova”, referindo-se aos “[...] livros eletrônicos, tutoriais multimídia e cursos a distância disponíveis na Internet, que não incorporam nada de novo no que se refere à concepção do processo de ensino-aprendizagem” (REZENDE, 2002, p 2).

Tudo isso converge para o ponto de que é preciso, em sala de aula, reconhecer a necessidade de transpor, respeitando o tempo de cada profissional docente, o ensino tradicional (abordagem dedutiva) centrado no professor para um ensino diferente, centrado naquele que aprende (abordagem indutiva) e baseado na observação, experimentação e na condução por parte do professor para a construção do conhecimento por parte dos alunos. Desse modo, fica a indagação: É possível utilizar ferramentas tecnológicas gratuitas em conjunto de roteiros estruturados de aula com a finalidade de possibilitar aulas interativas e que motivem o aluno a ponto de promover bons resultados de aprendizagem?

Este trabalho visa contribuir para o assunto, inserindo o aluno em uma noção de aprendizado e ciência que, além de agregar disciplinas, agrega também tecnologia, problemas e aprendizagem baseada em casos. Pretende-se promover assim não apenas melhor aproveitamento de conteúdo, como também, por meio do contato com bases de dados científicos, aprofundamento das próprias ideias sobre o que vem a ser ciência (conceitos científicos) e os conceitos que a dirigem (processos, práticas e pensamento crítico).

Bioinformática é uma disciplina de intersecção entre biologia, informática, ciência da informação, matemática e em certa medida também química e física. Tal disciplina ou área de atuação científica desenvolveu-se em resposta aos tipos e relacionamentos de dados cada vez mais complexos na pesquisa biológica. Essa natureza interdisciplinar torna a bioinformática um quadro ideal para engajar estudantes do ensino médio, pois ilustra a interação entre diferentes áreas científicas, ao mesmo tempo em que toca muitos aspectos relevantes para as gerações mais jovens - saúde, meio ambiente, etc.

Assim sendo, o objetivo geral do trabalho foi o planejamento, desenvolvimento, aplicação e validação de roteiros estruturados de aulas baseados em TICs (Tecnologias da Informação e Comunicação) para a melhoria do processo de ensino-aprendizagem em disciplinas de Biologia e/ou Química de turmas do Ensino Fundamental 2 e Ensino Médio, por meio da utilização de *softwares* gratuitos de bioinformática. Como subproduto desse trabalho, foi criada uma base de dados virtual (repositório) de roteiros de aula disponibilizado à comunidade acadêmica de forma livre por meio da url <<https://bitbucket.org/paestilha/bioinformatics-ifsc>>.

Após mapeamento de softwares gratuitos, dois softwares foram escolhidos para a utilização durante a pesquisa: (i) MEGA X (KUMAR et al., 2018) e; (ii) PyMOL (DELANO, 2002), a serem utilizados para o trato dos assuntos filogenia e proteínas. Buscou-se a criação de roteiros que se provassem como benéficos aos alunos na tarefa de contribuir para o melhor entendimento acerca dos citados conteúdos programáticos e que fossem de simples aplicação para professores que buscassem replicar. Antes da aplicação dos roteiros, os alunos foram convidados a passarem por uma avaliação de conhecimentos acerca dos temas abordados pelas intervenções e, ao final das intervenções, nova avaliação de conhecimentos foi aplicada a fim de quantificar o quão efetiva foi a abordagem na contribuição para o processo de ensino-aprendizagem.

Quanto a resultados, para ambos roteiros os resultados mostraram-se promissores, demonstrando a efetividade da abordagem no cumprimento dos objetivos didáticos-pedagógicos. Ademais, a abordagem se mostrou, embora embrionária, um caminho interessante a ser seguido como alternativa ao *modus operandi* comum de trabalhar tais assuntos em sala e que, há tempos, vem sendo entendido como ineficaz junto à sociedade moderna composta por alunos das novas gerações.

Como consequência dos resultados obtidos, buscar-se-á, na continuidade deste trabalho, a ampliação do público alvo e o aperfeiçoamento das abordagens aqui propostas, a fim de em um futuro próximo de validar de forma mais ampla os resultados obtidos por este trabalho.

## 2 I FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 Bioinformática

A bioinformática, segundo a definição submetida ao dicionário Oxford por Luscombe e colaboradores (LUSCOMBE; GREENBAUM; GERSTEIN, 2001) é:

[...] (Molecular) bio - informática: o ato de conceituar a biologia em termos moleculares (no sentido da físico-química) e aplicar técnicas de informática, as quais derivam de disciplinas como matemática aplicada, ciências da computação e estatística, a fim de entender e organizar as informações associadas com essas moléculas em larga escala. Em resumo, a bioinformática é um sistema de informações gerenciais para a biologia molecular e possui muitas aplicações práticas.

Deste modo, podemos caracterizar a bioinformática como uma combinação entre biologia molecular e ciência da computação com o objetivo de organizar e interpretar informações biológicas em larga escala. De acordo com Wefer e Sheppard (2008, p. 1), quando abordando a disseminação da bioinformática, [...] a proliferação da bioinformática na biologia moderna marca uma revolução moderna na ciência a qual promete influenciar a educação científica em todos os níveis” (WEFER; SHEPPARD, 2008, p 1).

### 2.2 Trabalhos Relacionados

O grande potencial das ferramentas de bioinformática tem sido reconhecido por muitos autores. Como exemplo podemos citar a abordagem, baseada em *web*, orientada para o problema, que visa a introdução de estudantes à bioinformática (BOYLE, 2004), o uso de atividades bioinformática como forma de ensinar sobre evolução de espécies (ALEXANDRA MAIER, 2009) ou noções de polimorfismos no contexto da variação genética humana e doenças. A bioinformática também se integrou com atividades laboratoriais, como no projeto Cus-Mi-Bio (PAVESI et al., 2008), que inclui atividades de descoberta de genes. E na anotação de genoma de plantas (HACISALIHOGU et al., 2008). Mais recentemente, atividades que visam a introdução de alunos do ensino médio na bioinformática também surgiram (ANDRADE, 2005; COOPER; MCGRAW; KHAZANCHI, 2017; FORM; LEWITTER, 2011; LEWITTER; BOURNE, 2011; MACHLUF et al., 2017; MACHLUF; YARDEN, 2013) e, como marco importante resultante de tais iniciativas, partir de 2012 nos Estados Unidos, um exercício relacionado à genética utilizando o chamado Alinhamento Local Básico, a ferramenta de pesquisa (BLAST) foi incluída no ensino médio de Biologia, no teste nacional (GALLAGHER et al., 2011). Outro trabalho importante é o realizado pelo Instituto Gulbenkian de Ciência, o qual trabalha com atividades de bioinformática orientada a alunos do ensino médio em Portugal (IGC, 2019). No Brasil, até o presente momento, poucos trabalhos vêm abordando o tema, embora se tenha conhecimento de uma iniciativa do Laboratório de Bioinformática, Modelagem e Simulação de Biosistemas da PUC-RS, o qual tratou de levar bioinformática a escolas de Porto Alegre, levantando os aspectos positivos e difíceis da

prática (ANDRADE, 2005).

### 3 I PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O trabalho em questão é de caráter quantitativo e qualitativo, com objetivo exploratório, sendo um estudo de caso. Entrevistas com perguntas fechadas e abertas foram os instrumentos utilizados para coleta de dados. A metodologia do projeto baseou-se na elaboração de roteiros de atividades, visando a utilização de ferramentas de bioinformática e a exposição de problemas aos alunos dos cursos técnicos integrados do IFSC, câmpus Gaspar, fugindo do tradicional modelo de aulas centradas no professor e colocando em prática aulas interativas centradas no próprio aluno como protagonista do aprendizado. Para tornar viável a proposta de pesquisa, foram estabelecidas as ações através de etapas, sendo elas:

(1) estudo das ferramentas gratuitas de bioinformática existentes na internet e fazer o cruzamento das mesmas com os assuntos de interesse dos professores de disciplinas correlatas;

(2) estipulação do escopo das atividades e;

(3) desenvolvimento de roteiros de aula.

A fim de explicitar os procedimentos metodológicos seguidos pelo trabalho, apresenta-se na Figura 1 o projeto dividido em entradas e saídas.



Figura 1 - Visão geral do projeto em entradas e saídas. Inicialmente foi feita a pesquisa em bases de artigos e estudo de ementas de disciplinas relacionadas ao projeto, em seguida as ferramentas escolhidas foram exploradas para a criação de roteiros de aula.

Quanto à estratégia formativa, tais roteiros visam a aplicação de técnicas de aprendizagem ativa como: (i) análise e explicação de modelos (PETTY, 2009) e; (ii) aulas estruturadas no formato de perguntas (GUDWIN'S, [s.d.]). Análises quantitativas e qualitativas foram desenvolvidas a fim de avaliar os impactos das intervenções. As intervenções relacionadas a esse trabalho foram aplicadas junto aos alunos e professores do Instituto Federal de Santa Catarina, campus Gaspar e em oficinas durante o período da Semana Nacional de Ciência e Tecnologia (SNCT) 2018, contando com a presença de alunos da rede pública estadual. Estima-se ainda a verificação, por meio de experiência, da viabilidade de replicar o projeto (como trabalho futuro) expandindo-o a outros campi e outras escolas da rede pública.

## 4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Ferramentas escolhidas

A partir da análise das ementas presentes no PPC (Projeto Pedagógico de Curso) dos cursos de ensino médio integrado em atividade no câmpus Gaspar (à época Informática e Química), a especificação dos assuntos abordados por cada roteiro foi feita levando em consideração as ferramentas encontradas em pesquisa sistemática simplificada, utilizando-se como palavra-chave composta a string: “bioinformatics” AND “tool” via PubMed (HUNTER; COHEN, 2006; LU, 2011) e Google Acadêmico (BROWN, 2017; GOOGLE, 2011). O único filtro aplicado às ferramentas foi o de serem disponibilizadas gratuitamente (inclusas licenças para acadêmicos). Dessa forma, como resultado das citadas análises, foram escolhidas como melhor adaptadas ao proposto por este trabalho os seguintes softwares e tópicos de estudo:

#### 4.1.1 *Mega X*

O MEGA está em sua versão X (Figura 2) e recebe seu acrônimo do nome *Molecular Evolutionary Genetics Analysis* (MEGA). O software implementa diversos métodos analíticos e ferramentas para trato com filo-genômica e filo-medicina. Possui duas interfaces (gráfica e linha de comando), sendo a gráfica a explorada por este trabalho, uma vez que se busca facilitar o uso pelos discentes. Além disso, o MEGA X é um software multi-plataforma, facilitando sua aplicação em trabalhos futuros (KUMAR et al., 2018).

#### 4.1.2 *PyMOL*

O PyMOL (Figura 3) é um software com ênfase gráfica disponível para diversas plataformas. Seu principal intuito é o de prover visualização de alta qualidade para estudantes e pesquisadores. O software suporta representações gráficas de macromoléculas de diferentes tipos como: ligações, cilindros, esferas, *ball-and-stick*, superfícies moleculares,

*backbone ribbons* e *cartoon ribbons*. Além disso, a ferramenta conta com ferramentas simples para análise de distâncias, alinhamento de estruturas, cálculo de similaridade estrutural entre moléculas (*Root Mean Square Deviation* ou *RMSD*). Além disso, o software é bem adaptado para edições de moléculas (DELANO, 2002).

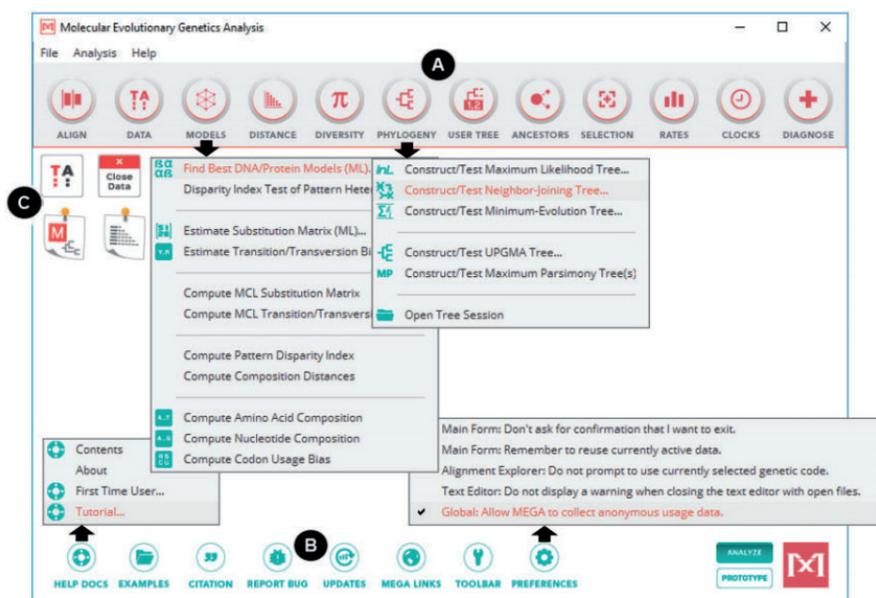


Figura 2 - Tela do MEGA X (A) Barra de ferramentas do topo, que organiza o ferramental de análises disponível no MEGA X via grupos lógicos acessados via menus do tipo drop-down (B) Barra de ferramentas de baixo, a qual provê acesso a funções úteis como arquivos de ajuda, exemplos e preferências. (C) Ícones no formulário principal, provê acesso aos dados de entrada e saída. Figura retirada de KUMAR et al. (2018).

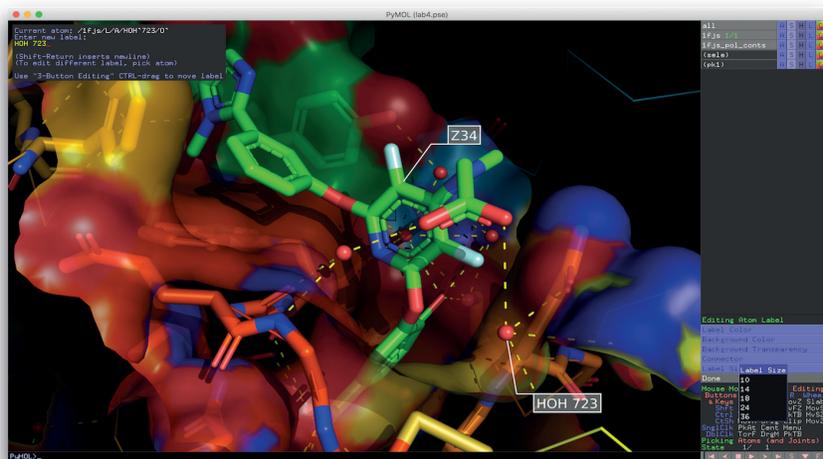


Figura 3 - Exemplo de tela do software PyMOL. Figura retirada de SCHRÖDINGER (2018).

## 4.2 Roteiros aplicados

Para cada uma das ferramentas apresentadas na seção anterior foi criado um roteiro de aula, a servir de apoio ao professor no momento da prática em sala de aula. Uma vez que tais roteiros são muito extensos para serem apresentados aqui, estes estão disponibilizados em adição a este volume escrito. Assim sendo, em <<https://bitbucket.org/paestilha/bioinformatics-school/downloads/>> estão listados os roteiros relacionados ao trabalho, contendo a soma dos procedimentos a serem realizados pelos alunos em cada etapa de suas práticas. Previamente ao início de cada roteiro, assim como ao final dos mesmos, os alunos foram orientados a responderem questionário online a fim de avaliar o processo de ensino-aprendizagem.

Abaixo serão descritos cada um dos roteiros, assim como os tópicos abordados por cada um, o público alvo, total de alunos alvo das intervenções e, por fim, as perguntas contidas nos questionários.

### 4.2.1 Roteiro 1: Aprendendo sobre filogenia com o MEGA X

**Tópicos abordados:** DNA e proteínas.

**Recursos tecnológicos:** Lab. de Informática; Datashow; Internet.

**Público alvo:** Alunos inscritos em oficina ofertada na Semana Nacional de Ciência e Tecnologia 2018. Alunos do 9º ano da Escola Estadual de Ensino Básico Zenaide Schmitt Costa.

**Total de alunos:** 35. **Duração:** 40 minutos.

**Sobre o roteiro:** Neste roteiro foram selecionadas sequências de DNA oriundas de organismos diversos que possuem o mesmo gene, tais sequências foram primeiramente obtidas, depois processadas e por fim analisadas a fim da geração de árvore filogenética.

O gene utilizado: O gene utilizado foi o ATP7A. Sobre a escolha das sequências de RNA utilizadas, uma sequência de cDNA foi obtida através de uma busca no banco de dados GenBank do NCBI (National Center for Biotechnology Information) (CLARK et al., 2016) utilizando como parâmetro de busca o gene ATP7A. Após isso se utilizou a ferramenta BLAST (ALTSCHUL et al., 1990), a qual permite encontrar regiões de similaridade entre sequência biológicas (disponível em <http://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>). O parâmetro de entrada utilizado foi a sequência de um humano e foram selecionadas outras oito sequências codificadoras (CDS's) do gene ATP7A, chegando-se a um total de oito táxons.

Os táxons foram escolhidos empiricamente e estão relacionados a diversos tipos de animais como chimpanzé-comum, gorila-ocidental-das-terras-baixas, orangotango-de-sumatra, além de um lemuriforme e a espécie humana.

**Questionário:** Aqui apresentaremos as perguntas presentes no questionário utilizado com a finalidade de avaliar a aplicabilidade do roteiro. Os gráficos contendo as respostas para cada pergunta podem ser obtidos junto aos roteiros (repositório bitbucket).

- Q1 - Você sabe o que é Bioinformática?
- Q2 - O que é uma árvore Filogenética?
- Q3 - O que é um alinhamento de DNA?
- Q4 - Você conhece o software MEGA?
- Q5 - Qual dessas opções é uma árvore filogenética?

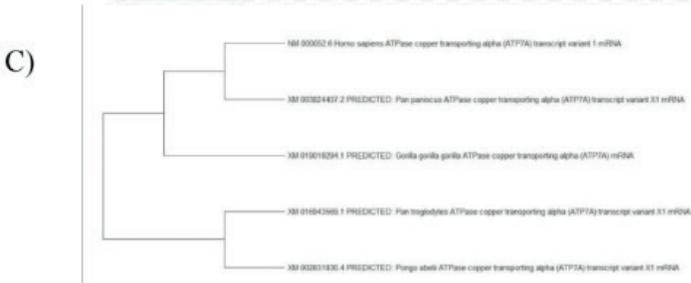
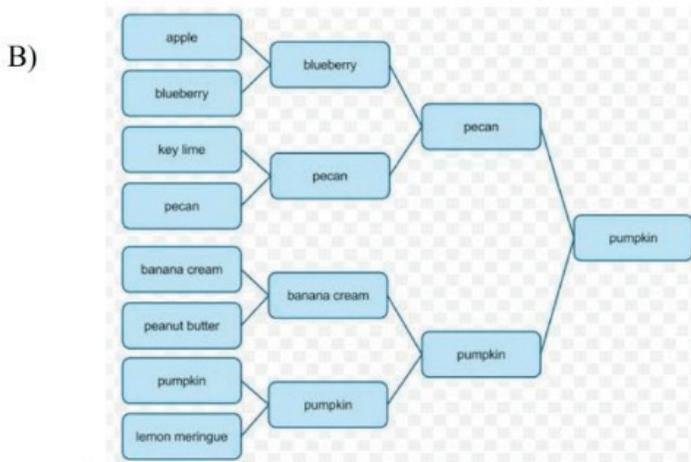


Figura 4 – Possíveis respostas da Questão 5 (Q5).

- Q6 - (ENEM-2017) A árvore filogenética representa uma hipótese evolutiva para a família Hominidae, na qual a sigla “m.a.” significa “milhões de anos atrás”. Considerando a filogenia representada, a maior similaridade genética será encontrada entre os seres humanos e:

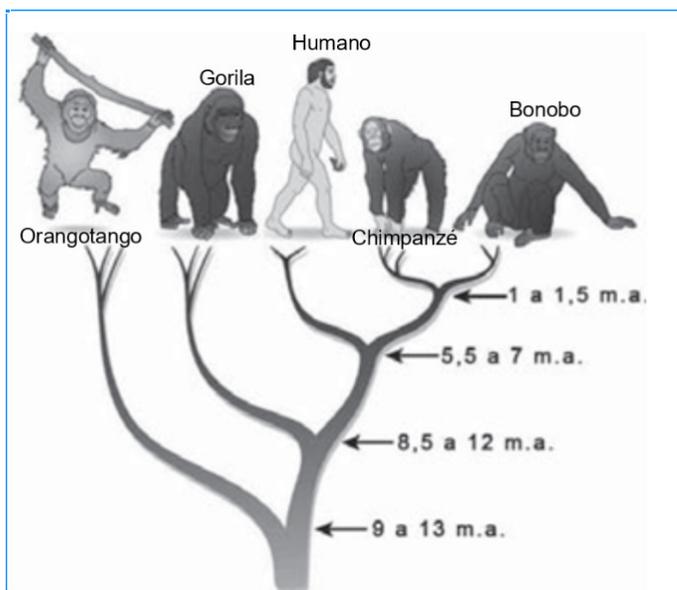


Figura 5 - Figura de apoio para a questão 6.

**Análise:** A partir das respostas dos alunos e das percepções do autor durante a aplicação dos roteiros, foi possível a elucidação de certos pontos. O questionário contou com 6 questões relativas ao conteúdo, todas objetivas, porém nem todas com alternativas entendidas como corretas, uma vez que parte das questões buscava extrair o perfil do aluno e suas percepções atuais e pós-prática acerca do assunto em foco. A primeira e a terceira questão (Q1 e Q4), em específico, diziam respeito à familiaridade do discente com a área da Bioinformática e com o software a ser utilizado. Assim sendo, conforme esperado, na etapa prévia à intervenção mais da metade dos alunos respondeu que não tinham conhecimento algum sobre o que vem a ser Bioinformática e tão pouco conheciam o referido software. Na etapa de perguntas pós-prática, no entanto e ainda conforme o esperado, mais de 85% dos alunos retornaram que, agora, possuíam conhecimento a respeito dos assuntos.

Às questões 2, 3 e 5 restou a tarefa de verificar o entendimento dos alunos quanto ao assunto “Filogenia”. Na questão 2, quando questionados quanto à definição de árvore filogenética, os alunos, mesmo sem terem uma definição explícita a eles direcionada durante a intervenção, foram capazes de melhorar seus rendimentos como turma em 11,5% na escolha da alternativa correta. Na questão 3, quando questionados sobre alinhamento

de DNA, o rendimento foi aprimorado em 9,8%, passando a alternativa correta a ser aquela que a turma majoritariamente assinalou (com uma queda de 52,2 para 38,1% da alternativa mais votada – e incorreta – emergente do questionário pré-prática). A questão 5, fornecia aos alunos opções de árvores diversas e requisitava que fosse selecionada a opção que continha uma árvore filogenética. Após a prática, a alternativa correta passou de 17 para 95% das respostas enviadas. A última questão, de número 6, era também a mais desafiadora, exigindo dos alunos o entendimento mais elaborado acerca do que foi exposto durante o encontro. Neste caso, novamente as respostas dos discentes pós-prática explicitaram retorno positivo, passando a resposta correta a ser assinalada por mais de 90% dos alunos, contra os apenas cerca de 26% obtidos anteriormente. Ademais, foi perceptível o engajamento dos alunos, quando questionados de maneira ampla em sala: “Quem é mais parecido com os humanos, o orangotango ou o chimpanzé? Vamos descobrir isso verificando o “código genético” de ambos via computador?”. Quanto ao acesso aos bancos de dados científicos, os alunos foram capazes de executar as pesquisas sem maiores desafios, contribuindo para a desmistificação, desde rasa idade, da barreira entre vida comum, dados científicos e tecnologia. De todo modo, embora tenham sido colhidos bons resultados, a proposta aqui analisada ainda se mostra embrionária, necessitando de melhor exploração, principalmente ligada à liberdade dos alunos em estipular os tipos de organismos que desejam explorar, assim contribuindo para a criação de “hipóteses de pesquisa”, por exemplo, o que haveria de contribuir ainda mais para a formação dos discentes sobre o que vem a ser ciência e como ela está presente em nossas vidas.

#### *4.2.2 Roteiro 2: Utilização da ferramenta PyMOL para ensino de DNA e proteínas.*

**Tópicos abordados:** DNA e proteínas, bancos de dados científicos UniProt (BATEMAN et al., 2017) e RSCB PDB (BERMAN et al., 2000);

**Recursos tecnológicos:** Labo. de Informática; Datashow; Internet.

**Público alvo:** Alunos do quinto semestre do Curso Técnico Integrado em Química do câmpus Gaspar do IFSC.

**Total de alunos:** 20. **Duração:** 110 minutos.

**Sobre o roteiro:** Este roteiro foi baseado em tutoriais livres disponíveis na *web* originalmente apresentados em língua inglesa como os de WU (2011) e MARCATILI; MØLGAARD, ANNE HOLBERGBLICHER (2017) e adaptado aos tópicos aqui estudados e também ao público alvo. Previamente ao início do mesmo, assim como ao final do mesmo, os alunos foram orientados a responderem questionário online a fim de avaliar o processo de ensino-aprendizagem. O roteiro foi dividido em duas etapas: (i) Proteínas e; (ii) DNA. Na primeira etapa os alunos são apresentados à ferramenta e trabalham com ácidos nucleicos, utilizando para isso a estrutura de PDB ID: 2L8Q (JULIEN et al., 2011). Na segunda etapa, é utilizada a estrutura 3D de PDB ID: 1K7C (MØLGAARD; LARSEN, 2002) da proteína

*Rhamnogalacturonan acetyltransferase* (RGAE), proveniente do fungo *Aspergillus aculeatus*. No âmbito dos resultados apresentados neste trabalho, apenas a etapa i foi aplicada e avaliada. No roteiro em geral os alunos são indicados primeiramente a obter as estruturas com as quais irão trabalhar – seja acessando diretamente os arquivos em formato .pdb ou obtendo-os manualmente junto ao banco de dados científico do PDB (BERMAN et al., 2000). Em um segundo momento, os alunos seguem as instruções do professor juntamente com o roteiro contendo o passo-a-passo da aula, a fim de visualizarem pessoalmente as moléculas em ambiente interativo e tridimensional.

**Questionário:** Aqui apresentaremos as perguntas presentes no questionário referente à etapa (i) aplicada aos discentes, a fim de propiciar substancial para a análise de capítulo posterior. A maioria das questões foram apresentadas em dois momentos, uma vez antes do início das práticas e uma vez ao final das práticas. As exceções foram as questões 4 - apresentada apenas no início - e as questões 11 a 16 - apresentadas enquanto a prática acontecia. Os gráficos contendo as respostas para cada pergunta, constam junto ao roteiro disponibilizado em <<https://bitbucket.org/paestilha/bioinformatics-school/downloads/>>.

- Q1 - Você sabe o que é Bioinformática?
- Q2 - Você conhece o programa PyMol?
- Q3 - Sobre o programa PyMol, para que ele é utilizado?
- Q4 - Você encontrou alguma dificuldade em aprender o conteúdo de biologia usando apenas recursos comuns, como o quadro? (i.e. em 2 dimensões)
- Q5 - Qual(is) das imagens abaixo (Figura 6) representa melhor uma proteína?

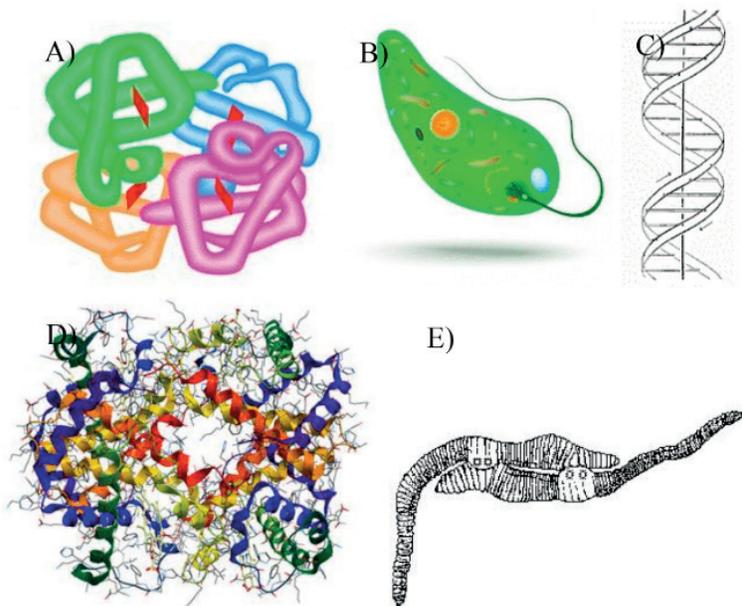


Figura 6 – Possíveis respostas da Questão 5 (Q5), apresentadas como figuras.

- Q6 - O que é um sítio ativo?
- Q7 - Os aminoácidos presentes em um sítio ativo SEMPRE caracterizam o tipo (ou tipos) de ligantes que conseguirão atuar nesse sítio ativo?
- Q8 - Quais as formas de representação gráfica para proteínas?
- Q9 - Quantos são os principais tipos de estruturas secundárias que existem em proteínas?
- Q10 - Em um sítio ativo, os aminoácidos estão ligados uns aos outros?
- Q11 - O peptídeo sinal tem seu número de resíduo de \_ até \_.
- Q12 - A maturidade da proteína parte do seu número de resíduo, sendo assim, a proteína tem \_\_ resíduos de comprimento.
- Q13 - Nessa proteína o sítio ativo é formado a partir de três resíduos. O primeiro Serina 26, os dois outros são \_\_\_ e \_\_\_.
- Q14 - Qual é o nome do resíduo para os íons de sulfato?
- Q15 - Clique no H(ide) e selecione “waters”. O que aconteceu?
- Q16 - O que você achou da intervenção? Escreva suas percepções, sugestões, críticas, etc. Sinta-se livre, é anônimo!

**Análise:** Esta prática foi a mais complexa abordada por este trabalho. O público-alvo, neste caso, foram alunos que possuíam contato prévio com o assunto abordado: proteínas. As questões 1 a 3 tinham o intuito de verificar o nível de familiaridade dos alunos com os temas de Bioinformática e PyMOL e, conforme esperado, até o momento da prática, os discentes demonstraram ter contato praticamente nulo com os temas, o que foi superado por meio das práticas ofertadas. A questão 4 esteve presente apenas no questionário inicial e tinha o objetivo de verificar a percepção dos alunos quanto a dificuldades por esses encontradas no estudo de proteínas utilizando recursos comuns de sala de aula, com um aprendizado majoritariamente em 2D. O resultado foi o de que apenas 27,8% não percebeu dificuldades no aprendizado do conteúdo, enquanto para 11,2% tiveram poucas dificuldades ou dificuldades em apenas alguns conteúdos e 61% dos entrevistados informaram “Sim” como resposta, assinalando que existiram dificuldades de aprendizado do conteúdo.

As questões 6, 7 e 10, em conjunto, abordavam o subtema “sítio ativo” e retornaram resultados exitosos. Durante toda a dinâmica, em nenhum momento esteve sob foco a definição e caracterização do subtema “sítio ativo”. Assim sendo, os alunos - que em sua maioria desconheciam a caracterização e definição do subtema (vide respostas à questão 6) – demonstraram a capacidade de entendimento do assunto diretamente a partir da inferência possibilitada pela observação e experiência *in loco* aos quais foram convidados a executar, destacando o potencial da abordagem no que tange aos próprios alunos tornarem-se protagonistas do próprio aprendizado, criando as próprias sinapses cerebrais relacionadas ao assunto, sem a intervenção direta do professor o nutrindo de conceitos que, muitas vezes, limitam e dificultam o aprendizado. Isso fica claro ao pousarmos a atenção aos números obtidos pelo questionário posterior a prática, onde o desempenho em assinalar a alternativa correta foi ~20% (questão 6), ~50% (questão 7) e ~55% (questão 10) mais alto.

As questões 5, 8 e 9 abordaram o subtema bioquímica estrutural, verificando o entendimento dos alunos sobre representação de proteínas. Na questão 5, eram apresentadas 5 figuras e perguntava-se quais delas melhor representavam uma proteína. Nessa questão, a alternativa A (inicialmente escolhida por ~21% dos alunos) representava uma proteína, assim como a alternativa D. De todo modo, entre as duas, a alternativa A pode ser entendida como uma representação rudimentar de proteínas (apenas 2D), enquanto a alternativa D fornecia uma representação em 3D (mais apurada) e foi assinalada por ~68% antes da intervenção e, ao final da mesma, por 100% dos discentes. A questão 8 trazia diversas opções de representação gráfica e requisitava que os alunos selecionassem (utilizando *checkboxes*) aquele que, de fato, são tipos de representação gráfica, por meio dos quais podemos representar estruturas de proteínas. Neste momento os alunos poderiam assinalar diversas respostas ao mesmo tempo. Em um primeiro momento, mais da metade das respostas foi “Não sei” e apenas 16 vezes outras respostas foram assinaladas, com destaque para 7 ocorrências da alternativa “Fitas (Ribbons)”. No momento posterior a

prática, no entanto, a quantidade de discentes que marcaram como resposta “Não sei” tornou-se 0, com grande aumento das demais alternativas, totalizando 75 ocorrências, o que simboliza a nova percepção dos alunos quanto à vastidão de diferentes modos de representar uma proteína graficamente. Já a questão 9 relacionava-se as chamadas Estruturas Regulares (ERs), questionando quantas eram as principais ER encontradas nas proteínas (referência às folhas beta e hélices alfa). Para essa questão, as respostas iniciais concentraram-se na alternativa incorreta D: 4 tipos, o que foi aprimorado após a intervenção com a maioria da turma assinalando a alternativa B como correta: 2 tipos. Deste modo, pela análise acima descrita, fica claro também a capacidade da utilização da ferramenta como meio de promover o melhor entendimento acerca de conceitos da bioquímica estrutural de proteínas, algo comumente dificultoso para discentes por conta do nível de abstração com que são abordados.

As questões 11 a 15 eram dissertativas e foram disponibilizadas no momento em que os alunos estavam desenvolvendo a prática e tinham o objetivo de verificar se os discentes foram capazes de executar o que se pedia no passo a passo indicado explorando características não explícitas da proteína. Dentre as questões, as questões 11, 12 e 13 deveriam ser respondidas com base em informações disponíveis no Banco de Dados (BD) científico UniProt. O aproveitamento dos discentes nas questões foi surpreendente, atingindo de 90 a 100 % de aproveitamento, algo demonstrativo da facilidade dos alunos em buscar informações em websites (características de uma geração que já nasceu imersa em tecnologia). Cabe salientar ainda que o website acessado pelos alunos está disponível apenas em língua inglesa, um obstáculo adicional. Complementarmente, as questões descritivas 14 e 15 avaliavam a adaptação dos alunos perante a utilização da ferramenta PyMOL. Na questão 14, de cunho mais técnico, os alunos demonstraram maior dificuldade no entendimento do que se pedia, retornando respostas variadas quando se pedia “o nome do resíduo para íons de sulfato, no PyMOL”. Na questão parte dos alunos retornou a resposta correta “S04” enquanto outros retornaram o número identificador (ID) de um dos sulfatos (“113”). Quanto à questão 14, mais uma vez, os alunos conseguiram executar as tarefas de modo pleno e responderam corretamente, atingindo ~90% de aproveitamento.

Por fim, a questão 16 (não obrigatória) fornecia aos alunos a possibilidade de comentar a prática com testemunhos indicando de forma anônima os pontos fortes e fracos da mesma, assim como sugestões de melhoria e adequação em termos de tempo e complexidade. De forma geral, os principais pontos elencados pelos alunos foram (i) ser uma alternativa eficaz no que tange ao auxílio a compreensão de conteúdo; (ii) ser capaz de abordar especificidades não possíveis na sala de aula habitual; (iii) ser necessário mais tempo para as práticas; (iv) contar com tarefas consideradas desafiadoras (com grau de dificuldade considerável).

## 5 | CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou um estudo baseado na aplicabilidade de ferramentas gratuitas de bioinformática por meio de roteiros estruturados e aulas dinâmicas orientadas a partir do viés do protagonismo do aluno em fomentar o próprio conhecimento e desenvolver habilidades relacionadas a biologia e química. Os assuntos abordados foram filogenia e proteínas, sendo o primeiro assunto abordado por meio da ferramenta MEGA X e, o segundo, por meio da ferramenta PyMOL. Com o intuito de propiciar a avaliação das práticas propostas como abordagem capaz de contribuir para o processo formativo do aluno, foram projetadas questões a serem expostas aos alunos majoritariamente em dois momentos: (i) antes das intervenções e (ii) após as intervenções e, no caso da intervenção com auxílio do software PyMOL existiu ainda um terceiro momento (ii) durante a intervenção. Dessa maneira, a partir da inferência possibilitada pelo acompanhamento *in loco* dos alunos, juntamente com a análise das respostas dos alunos às questões apresentadas, foi possível perceber diversas facetas relacionadas ao objetivo geral aqui proposto.

As práticas envolvendo filogenia foram aplicadas junto a uma turma de 9º ano do ensino público da cidade de Gaspar/SC, contando com cerca de 30 participantes. O índice de engajamento dos alunos foi perceptivelmente elevado e, quando da análise dos questionários (conforme expresso em capítulo anterior de número 4), embora a intervenção tenha tido duração consideravelmente pequena (40 minutos) foi possível perceber o pleno atingimento dos objetivos propostos para a aula.

No que tange às práticas envolvendo proteínas, as mesmas foram aplicadas junto ao 6º semestre do Curso Técnico Integrado em Química do IFSC Gaspar, dentro de aula disponibilizada pelo professor responsável pela disciplina de Bioquímica, totalizando cerca de 20 discentes participantes. O índice de alto engajamento por parte dos alunos, mais uma vez foi perceptível e, por conta do perfil da turma – que já havia tido contato prévio com o assunto – foi possível explorar tarefas de maior complexidade. O principal ponto de destaque emergente da abordagem proposta foi a capacidade dos alunos de responderem com efetividade a questões técnicas sobre os temas e subtemas explorados. Tal feito torna-se mais relevante a medida que o assinalar das respostas corretas para as questões ofertadas ter sido fruto da criticidade adquirida e inferência pessoal possibilitada pela vivência oriunda das práticas, uma vez que, por parte do professor, não houveram explicações explícitas sobre tais conteúdo. Tal característica ratifica não apenas o objetivo do trabalho como também suas consequências junto ao processo de ensino pautando o aluno como próprio ator de seu desenvolvimento intelectual técnico.

Em suma, a iniciativa aqui descrita se mostrou promissora e, embora as abordagens descritas por este trabalho ainda careçam de melhorias (vide deduções do próprio autor durante o transcorrer das aulas ou dos próprios alunos) e mais exploração (submissão a públicos mais diversificados), os resultados já obtidos demonstram a eficácia de abordagens

alternativas e complementares no trato da melhoria no processo de ensino aprendizagem. Tais características coadunam com os extratos de Veen e Vrakking (2006 apud ROCHA; MATOS, 2013) no que diz respeito a necessidade e oportunidade para avanços no processo de ensino-aprendizagem. Além disso, a utilização de BD científicos revelou-se também como factível de ser explorada por alunos do Ensino Médio, contribuindo para a formação dos alunos no que diz respeito ao que vem a ser ciência e como ela se expressa no mundo moderno em que estamos inseridos. De modo geral, tanto o trato junto a BDs científicos como a utilização de ferramentas gratuitas também científicas acabam por confirmar as potencialidades de abordagens indutivas, conforme destacado anteriormente por Rezende (2002, p 2).

## REFERÊNCIAS

ALEXANDRA MAIER, C. Building Phylogenetic Trees from DNA Sequence Data: Investigating Polar Bear & Giant Panda Ancestry. **The American Biology Teacher**, v. 63, p. 643–646, 2009.

ALTSCHUL, S. F. et al. Basic local alignment search tool. **Journal of Molecular Biology**, 1990.

AMERICAN PSYCHOLOGICAL ASSOCIATION. **APA Review Confirms Link Between Playing Violent Video Games and Aggression**. Disponível em: <<http://www.apa.org/news/press/releases/2015/08/violent-videogames.aspx%5Cnfiles/4396/violent-video-games.html>>. Acesso em: 5 set. 2018.

ANDRADE, J. A. **Bioinformática: um estudo sobre a sua importância e aplicação na aprendizagem em ciências no ensino médio**. [s.l.] Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, 2005.

BATEMAN, A. et al. UniProt: The universal protein knowledgebase. **Nucleic Acids Research**, 2017.

BERMAN, H. M. et al. The Protein Data Bank. **Nucleic Acids Research**, v. 28, n. 1, p. 235–242, 2000.

BOYLE, J. A. Bioinformatics in undergraduate education: Practical examples. **Biochemistry and Molecular Biology Education**, 2004.

BROWN, C. C. Google Scholar. **The Charleston Advisor**, 2017.

CLARK, K. et al. GenBank. **Nucleic Acids Research**, v. 44, n. Database issue, p. D67–D72, 2016.

COOPER, K.; MCGRAW, A.; KHAZANCHI, D. **Bioinformatics for middle school aged children: Activities for exposure to an interdisciplinary field**. ISEC 2017 - Proceedings of the 7th IEEE Integrated STEM Education Conference. **Anais...**2017

DELANO, W. L. The PyMOL Molecular Graphics System. **Schrodinger**, 2002.

FORM, D.; LEWITTER, F. Ten simple rules for teaching bioinformatics at the high school level. **PLoS Computational Biology**, 2011.

GALLAGHER, S. R. et al. A first attempt to bring computational biology into advanced high school biology classrooms. **PLoS Computational Biology**, 2011.

GOOGLE. **About Google Scholar**.

GUDWIN'S, R. **Aprendizagem Ativa**. Disponível em: <<http://faculty.dca.fee.unicamp.br/gudwin/activelearning/>>. Acesso em: 12 dez. 2018.

HACISALIHOGU, G. et al. **An innovative plant genomics and gene annotation program for high school, community college, and university faculty**. CBE Life Sciences Education. **Anais...**2008

HUNTER, L.; COHEN, K. B. Biomedical Language Processing: What's Beyond PubMed? **Molecular Cell**, 2006.

IGC. **BIOINFORMATICS AT SCHOOL**. Disponível em: <[http://www.gc.gulbenkian.pt/pages/facilities.php/A=219\\_\\_\\_collection=article](http://www.gc.gulbenkian.pt/pages/facilities.php/A=219___collection=article)>.

JULIEN, O. et al. Solution structure of a DNA duplex containing the potent anti-poxvirus agent cidofovir. **Journal of the American Chem Soc**, 2011.

KANG, K. **Graduate Enrollment in Science and Engineering Grew Substantially in the Past Decade but Slowed in 2010**. [s.l: s.n.].

KEARNEY, C. Efforts to Increase Students' Interest in Pursuing Science, Technology, Engineering and Mathematics Studies and Careers. National Measures taken by 30 Countries – 2015 Report. **INSIGHT**, 2016.

KUMAR, S. et al. MEGA X: Molecular evolutionary genetics analysis across computing platforms. **Molecular Biology and Evolution**, 2018.

LEWITTER, F.; BOURNE, P. E. Teaching bioinformatics at the secondary school level. **PLoS Computational Biology**, 2011.

LU, Z. PubMed and beyond: A survey of web tools for searching biomedical literature. **Database**, 2011.

LUSCOMBE, N. M.; GREENBAUM, D.; GERSTEIN, M. What is bioinformatics? A proposed definition and overview of the field. **Methods of information in medicine**, v. 40, n. 4, p. 346–358, 2001.

MACHLUF, Y. et al. Making authentic science accessible-the benefits and challenges of integrating bioinformatics into a high-school science curriculum. **Briefings in Bioinformatics**, 2017.

MACHLUF, Y.; YARDEN, A. Integrating bioinformatics into senior high school: design principles and implications. **Briefings in Bioinformatics**, 2013.

MARCATILI, P.; MØLGAARD, ANNE HOLBERGBLICHER, T. **PDB PyMol Tutorial PDB and PyMOL tutorial**. Disponível em: <[http://teaching.bioinformatics.dtu.dk/teaching/index.php/PDB\\_PyMol\\_Tutorial\\_PDB\\_and\\_PyMOL\\_tutorial](http://teaching.bioinformatics.dtu.dk/teaching/index.php/PDB_PyMol_Tutorial_PDB_and_PyMOL_tutorial)>.

MØLGAARD, A.; LARSEN, S. A branched N-linked glycan at atomic resolution in the 1.12 Å structure of rhamnogalacturonan acetyltransferase. **Acta Crystallographica Section D: Biological Crystallography**, 2002.

PAVESI, G. et al. **Hedgehogs, humans and high-school science. The benefits of involving high-school students in university research**, 2008.

PETTY, G. **Teaching Today: A Practical Guide**. [s.l.: s.n.].

REZENDE, F. As Novas Tecnologias na Prática Pedagógica sob a Perspectiva Construtivista. **Pesquisa em Educação em Ciências**, 2002.

ROCARD, M. et al. Science Education NOW: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe. **RTD info**, 2007.

ROCHA, A. P. C.; MATOS, E. L. P. Desafios Tecnológicos frente aos nativos digitais. **International Journal of Knowledge Engineering and Management (IJKEM)**, v. 3, n. 6, p. 1–69, 2013.

SCHRÖDINGER. PyMOL, molecular visualization system. **Available at <https://pymol.org>**, 2018.

WEFER, S. H.; SHEPPARD, K. Bioinformatics in high school biology curricula: A study of state science standards. **CBE Life Sci. Education**, 2008.

WU, K. **DNA-example II**. Disponível em: <<https://kpwu.wordpress.com/2011/07/28/pymol-dna-example-ii/>>. Acesso em: 7 jul. 2018.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Acumulação epistemológica 9, 200, 215

Adultos 6, 1, 2, 3, 6, 7, 145

Alfabetização 2, 79, 131, 170, 171, 172, 178, 179

Alimentação 19, 21, 22

Aprendizagem Significativa 6, 32, 129, 147, 148, 152, 153, 154, 155, 159, 162, 172, 180

Atividades Experimentais 1, 4, 5, 6, 19, 20, 21, 23, 31

### B

Bioinformática 5, 7, 59, 62, 63, 64, 68, 69, 71, 73, 75, 76

Bulas de Remédios 33, 36, 38

### C

Competências 5, 6, 8, 9, 10, 12, 14, 15, 16, 31, 46, 48, 49, 50, 55, 56, 57, 79, 83, 115, 117, 147, 149, 167, 170, 177, 181, 183, 185, 188

Conteúdos Químicos 19, 34, 35, 144, 163, 168

Contextualização 5, 3, 5, 20, 31, 32, 33, 34, 35, 140, 148, 164, 168

### E

Educação Básica 9, 2, 7, 59, 79, 83, 84, 87, 92, 115, 149, 150, 163, 165, 170, 172, 180, 181, 182, 186

Educação de Jovens 6, 1, 2, 3, 6, 7, 145

Engenharia de Petróleo 6, 46, 48, 49, 51, 56, 57

Ensino 5, 6, 7, 8, 9, 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 15, 16, 17, 19, 20, 21, 22, 29, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 38, 42, 44, 45, 46, 59, 60, 61, 62, 63, 65, 67, 70, 75, 76, 79, 80, 81, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 91, 92, 93, 94, 95, 100, 102, 115, 116, 117, 118, 119, 122, 123, 124, 125, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 162, 163, 164, 165, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 176, 177, 178, 180, 181, 182, 183, 185, 186, 187, 188, 189, 218

Ensino de Ciências 3, 6, 8, 9, 20, 31, 84, 88, 89, 128, 139, 145, 149, 150, 153, 162, 170, 172, 178, 182, 183, 188, 189, 218

Ensino de Química 5, 6, 8, 1, 3, 6, 8, 9, 16, 21, 31, 32, 33, 35, 36, 85, 88, 89, 92, 115, 117, 128, 129, 130, 133, 134, 135, 137, 139, 142, 150, 151, 152, 153, 162, 163, 169, 172, 173, 177, 178, 180, 181, 188, 189, 218

Ensino Remoto 5, 7, 91, 93, 94, 95, 132, 137

Ensino Superior 17, 79, 87, 89, 137, 180

## **F**

Facebook 130, 131, 132, 133, 134, 135, 137, 138

Filogenia 59, 62, 67, 69, 75

Formação Continuada 84, 86, 87, 180, 182, 186, 188, 189

Funções Orgânicas 6, 33, 34, 35, 36, 37, 40, 42, 43, 44, 45

## **G**

Gás de Folhelho 7, 103, 104, 105, 106

## **I**

Impactos Ambientais 58, 103, 107, 112

Incomensurabilidade 9, 200, 203, 212, 213

## **J**

Jogos Lúdicos 5, 115, 118, 119

## **L**

Laboratório 6, 1, 4, 5, 10, 14, 15, 21, 30, 46, 48, 49, 50, 51, 56, 57, 63, 92, 144, 163, 165, 174, 186

Letramento Científico 79, 140, 170

Libras 88, 169, 170, 171, 172, 174, 175, 176, 177, 178

## **M**

Mapas Conceituais 8, 152, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162

Material Didático 86, 150, 169, 180, 183, 188, 189

Métodos alternativos 116

## **O**

Objetos Digitais de Aprendizagem 8, 139, 146, 150

## **P**

Perspectiva 9, 17, 28, 34, 42, 78, 88, 89, 90, 103, 105, 140, 145, 151, 162, 170, 171, 178, 187, 200, 203

Pontos quânticos de carbono 91

Positivismo 200, 201, 202, 203

Prática Docente 35, 86, 147, 168, 172, 181, 182, 188

Processo Ensino-Aprendizagem 1, 3, 92, 140, 141, 142, 169

## **Q**

Química 2, 5, 6, 7, 8, 9, 1, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 20, 21, 22, 29,

31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 41, 42, 44, 45, 55, 58, 59, 62, 63, 65, 70, 75, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 100, 101, 102, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 160, 161, 162, 163, 164, 166, 167, 168, 169, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 180, 181, 182, 183, 187, 188, 189, 190, 191, 194, 199, 200, 205, 213, 215, 218

## **R**

Rede Social 130, 132, 133

## **S**

STHEM 59, 60

Surdos 8, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 188

Sustentabilidade 143, 163, 165, 166, 168, 218

## **V**

Viabilidade 7, 65, 103, 105, 110, 112

 [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
 [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)  
 @atenaeditora  
 [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](http://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)

# A GERAÇÃO DE NOVOS CONHECIMENTOS NA QUÍMICA

 [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
 [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)  
 @atenaeditora  
 [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)

# A GERAÇÃO DE NOVOS CONHECIMENTOS NA QUÍMICA