

USO DO SOFTWARE AVOGADRO NO ENSINO DE CROMATOGRAFIA LÍQUIDA DE ALTA EFICIÊNCIA (CLAE)

USE OF AVOGADRO SOFTWARE IN THE TEACHING OF HIGH-PERFORMANCE LIQUID CHROMATOGRAPHY (HPLC)

Eduardo da Silva Firmino¹, Caroline de Goes Sampaio², Antonia Clarycy Barros Nojosa³, Marcelo Henrique Freitas Saraiva Guerra⁴, Gabriela Clemente Brito Saldanha⁵, Ana Karine Portela Vasconcelos⁶, Maria Cleide da Silva Barroso⁷

Recebido: outubro/2016 Aprovado: outubro/2019

Resumo: Este artigo tem como objetivo principal avaliar o desempenho do software Avogadro no ensino de CLAE. Por exigir a compreensão de conceitos complexos, essa técnica pode ser de difícil compreensão pelos alunos, o que pode ser minimizado com a utilização de softwares. Foi realizada uma aula dentro do cronograma da disciplina de Química Analítica III utilizando como tema de contextualização a análise de agrotóxicos em pimentão. Os estudantes observaram as representações das estruturas das moléculas dos agrotóxicos e levantaram hipóteses de qual seria primeiro detectada no equipamento de CLAE observando as suas estruturas previamente. Após esse primeiro momento, foi realizada uma simulação no Avogadro em que os estudantes poderiam observar a polaridade das moléculas, propriedade essencial para entender a CLAE, para confrontar com as hipóteses previamente levantadas. Foi aplicado um questionário aos estudantes pelo Google Forms para avaliarem o Avogadro após a realização da aula. As avaliações do software foram positivas, em que os estudantes pontuaram a exatidão das simulações mostradas pelo Avogadro, e da semelhança que se mostrou com os resultados experimentais. Concluiu-se que a utilização do Avogadro se mostrou favorável para utilização no ensino, possibilitando um melhor entendimento da técnica através da visualização do fenômeno antes da experimentação.

Palavras-chave: Ensino de Química, CLAE, Software Avogadro, Objeto de Aprendizagem.

¹  <https://orcid.org/0000-0002-3475-5597> - Mestre em Ensino de Ciências e Matemática pelo IFCE – Campus Fortaleza. Mestrando no IFCE – Campus Fortaleza, Fortaleza, Ceará, Brasil. Avenida Treze de maio, 2081, IFCE – Campus Fortaleza – Sala do PGECM, Benfica, CEP: 60040-215, Fortaleza, Ceará, Brasil. E-mail: eduardo.ifce@outlook.com

²  <https://orcid.org/0000-0002-3642-234X> - Doutora em Química pela UFC. Professora do IFCE – Campus Fortaleza, Fortaleza, Ceará, Brasil. Avenida Treze de maio, 2081, IFCE – Campus Fortaleza – Sala do PGECM, Benfica, CEP: 60040-215, Fortaleza, Ceará, Brasil. E-mail: carol-quimica@hotmail.com

³  <https://orcid.org/0000-0003-4702-7721> - Mestre em Ensino de Ciências e Matemática pelo IFCE – Campus Fortaleza. Mestrando no IFCE – Campus Fortaleza, Fortaleza, Ceará, Brasil. Avenida Treze de maio, 2081, IFCE – Campus Fortaleza – Sala do PGECM, Benfica, CEP: 60040-215, Fortaleza, Ceará, Brasil. E-mail: clarycynojosa@gmail.com.

⁴  <https://orcid.org/0000-0001-9397-5242> - Mestre em Ensino de Ciências e Matemática pelo IFCE – Campus Fortaleza. Mestrando no IFCE – Campus Fortaleza, Fortaleza, Ceará, Brasil. Avenida Treze de maio, 2081, IFCE – Campus Fortaleza – Sala do PGECM, Benfica, CEP: 60040-215, Fortaleza, Ceará, Brasil. E-mail: marceloguerra.net@hotmail.com.

⁵  <https://orcid.org/0000-0002-8705-8015> - Mestre em Ensino de Ciências e Matemática pelo IFCE – Campus Fortaleza. Mestrando no IFCE – Campus Fortaleza, Fortaleza, Ceará, Brasil. Avenida Treze de maio, 2081, IFCE – Campus Fortaleza – Sala do PGECM, Benfica, CEP: 60040-215, Fortaleza, Ceará, Brasil. E-mail: gabrielabsaldanha@gmail.com.

⁶  <https://orcid.org/0000-0003-1087-5006> - Doutora em Engenharia Civil (Saneamento Ambiental) pela UFC. Professora do IFCE – Campus Fortaleza, Fortaleza, Ceará, Brasil. Avenida Treze de maio, 2081, IFCE – Campus Fortaleza – Sala do PGECM, Benfica, CEP: 60040-215, Fortaleza, Ceará, Brasil. E-mail: karine_portela@hotmail.com.

⁷  <https://orcid.org/0000-0001-5577-9523> - Doutora em Educação pela UFC. Professora do IFCE – Campus Fortaleza, Fortaleza, Ceará, Brasil. Avenida Treze de maio, 2081, IFCE – Campus Fortaleza – Sala do PGECM, Benfica, CEP: 60040-215, Fortaleza, Ceará, Brasil. E-mail: ccleideifcemaraca@gmail.com.

Abstract: This article has as main objective to evaluate the performance of Avogadro software in the teaching of HPLC. Because it requires the understanding of complex concepts, this technique can be difficult for students to comprehend, which can be minimized using software. A class was held within the framework of the discipline of Analytical Chemistry III using as a contextualization theme the analysis of agrochemicals in pepper. The students observed the representations of the structures of the pesticide molecules and hypothesized which would be first detected in the HPLC equipment by observing their structures previously. After this first moment, a simulation was performed in the Avogadro software in which the students could observe the polarity of the molecules, essential property to understand the HPLC, to confront with the hypotheses previously raised. A questionnaire was applied to students by Google Forms to evaluate Avogadro software after the class. The evaluations of the software were positive, in which the students scored the accuracy of the simulations shown by Avogadro, and the similarity that was shown with the experimental results. It was concluded that the use of Avogadro was favorable for use in teaching, allowing a better understanding of the technique through visualization of the phenomenon before experimentation.

Keywords: Chemistry Teaching, HPLC, Software Avogadro, Learning Object.

1. Introdução

O atual contexto tecnológico em que a sociedade está inserida tem influenciado os mais variados setores, e com a educação não poderia ser diferente. No ensino de Química, o uso das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) pode se tornar aliado do professor nesse processo, visto que são capazes de propiciar a visualização e simulação de fenômenos químicos, o que favorece a assimilação do conteúdo pelo estudante (GIORDAN, 2005). Souza *et al.* (2009) ainda afirmam que o uso de TIC com finalidades educacionais despertam o interesse do aluno pelo campo científico. No entanto, é preciso usar os recursos oferecidos pelas TIC de forma controlada e organizada, para que essa tecnologia não se torne mais um entrave no processo de ensino e aprendizagem, pois mais computadores disponíveis aos alunos não significa mais e melhor aprendizado, como apontam Passero *et al.* (2016) em seu estudo.

No ensino de Química, as TIC entram com o papel de facilitadoras do processo de ensino, em que podem se tornar ferramentas intelectuais eficientes, tanto para professores quanto para alunos, contanto que sua utilização seja bem empregada (NASCIMENTO, 2013). O autor ainda destaca que uma das possibilidades no uso de TIC é através de Objetos de Aprendizagem (OA), em que “permitem que se crie situações de ensino que envolvam os alunos na aprendizagem, auxiliando no desenvolvimento do pensamento crítico e estimulando o raciocínio” (NASCIMENTO, 2013, p. 9).

Apesar do conceito de OA ter surgido por volta de 1990, com a criação do termo atribuída a Hodgins (2000, 2002), seu uso e aplicação continuam significativos na atualidade (CARNEIRO e SILVEIRA, 2014). Conforme Carneiro e Silveira (2014), desde o início do ano 2000 o termo OA vem sendo empregado para denominar materiais ou ferramentas usados para auxiliar o processo de ensino e aprendizagem. Atualmente existe até mesmo o Banco Internacional de Objetos de Aprendizagem, um repositório criado em 2008 pelo Ministério da Educação em parceria com outras entidades com objetivo de manter e compartilhar diversos recursos educacionais digitais e de livre acesso, como vídeos, áudios, animações, imagens, simulações, hipertextos, softwares educacionais dentre outros (BRASIL, 2008).

Tarouco (2014) diz que um OA pode ser concebido em qualquer ferramenta, constituindo-se da simplicidade oferecida por uma apresentação de slides ou até mesmo da complexidade de uma simulação computacional, reiterando que atribuir uma definição de OA não é uma tarefa fácil, tendo em vista a vasta possibilidade de suas aplicações.

Sua definição surge de acordo com uma concepção própria dos autores acerca da utilidade e importância do Objeto para o ensino e a aprendizagem e varia de acordo com a abordagem proposta e os aspectos que estão associados ao seu uso educacional (TAROUCO, 2014, p. 13).

Miranda (2004, p. 21) expõe a definição de OA oferecida pelo Learning Technology Standards Committee (LTSC – IEEE) afirmando que “OAs podem ser definidos como qualquer entidade, digital ou não digital, que pode ser usada, reusada ou referenciada durante a aprendizagem suportada pela tecnologia”. O que se observa disso, é que a definição de OA é bastante abrangente, não delimitando OA como sendo objetos digitais, mas qualquer entidade que seja suportada pelas tecnologias da informação.

O software aqui utilizado não foi criado com o objetivo de se tornar um OA, ainda assim, pode ser utilizado com essa finalidade, dependendo da utilização do autor, como afirma Tarouco (2014).

No tocante a utilização de OA no ensino de Química, Nascimento (2013) afirma o seguinte

A interação do aluno com simulações mobiliza-o à reflexão diante de procedimentos e resultados. Isso leva os estudantes a pesquisar, questionar, trocar informações com os colegas, construindo suas próprias ideias, aproximando seu raciocínio do conhecimento químico. O aluno pode experimentar diferentes caminhos, acompanhar sua evolução, analisar conceitos de diferentes pontos de vista, comprovar hipóteses. Tudo isso faz com que as simulações se tornem instrumentos poderosos para despertar novas ideias, relacionar conceitos, despertar a curiosidade e resolver problemas. Essas atividades interativas permitem a exploração de conceitos e fenômenos científicos inviáveis ou inexistentes nas escolas por razões econômicas e de segurança (NASCIMENTO, 2013, p. 9).

Na educação superior é esperado que o estudante possua atribuições como analisar conceitos, comprovar hipóteses e resolver problemas, citadas por Nascimento (2013). Para auxiliar nessa construção de conhecimento e aptidões, foi escolhido o software Avogadro, aplicação de código aberto e mantido em constante desenvolvimento e aprimoramento por diversas pessoas e entidades, que está disponibilizado de forma gratuita em seu site, e que possibilita a total experimentação do aluno, permitindo ao mesmo testar conceitos e ideias.

O conteúdo de Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE) foi escolhido para a aplicação da pesquisa pela complexidade de alguns conceitos que envolvem seu entendimento, que serão elucidados mais adiante. Com isso, o objetivo principal desse artigo é avaliar o desempenho do software Avogadro como OA para auxiliar no ensino de CLAE, além de possuir o intuito de que o estudante possa melhor compreender e aplicar os conceitos fundamentais dessa técnica.

2. Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE)

A cromatografia é uma técnica físico-química utilizada para realizar separação, e que está embasada “na migração diferencial dos componentes de uma mistura, que ocorre devido a diferentes interações, entre duas fases imiscíveis, a fase móvel e a fase estacionária” (DEGANI *et al.*, 1998, p. 21). O termo foi primeiro empregado em 1906, sendo sua utilização atribuída a um botânico russo que realizava estudos sobre separação de componentes de extratos de folhas, no entanto, o uso desse método só ganhou força na década de 1930 com o avanço tecnológico, sendo publicado a partir daí diversos trabalhos na área (DEGANI *et al.*, 1998).

Os autores supracitados explicam a existência de diferentes tipos de cromatografia, como pode ser observado no esquema da Figura 1(a), porém, esse estudo trata da CLAE, um dos tipos mais avançados de cromatografia. A CLAE é um tipo de cromatografia que acontece em coluna, componente denominado fase estacionária. Geralmente, comporta material sólido, apolar, possuindo estrutura geralmente de aço inoxidável, com diâmetro interno variando de 0,45 a 2,2 cm e comprimento de 10 a 25 cm. Utiliza uma fase móvel líquida que faz a eluição da substância analisada, geralmente utilizada com grau de polaridade indo do menos polar ao mais polar, a depender das propriedades do que se pretende analisar, possuindo alto grau de pureza. Essa técnica utiliza bomba de alta pressão devido ao tamanho dos poros internos da coluna, o que possibilita ao sistema vazão contínua. O detector mais utilizado no método de CLAE é o ultravioleta, mas podem ser utilizados também detectores de fluorescência, índice de refração, dentre outros. Na Figura 1(b) é possível observar o esquema de um equipamento básico de CLAE.

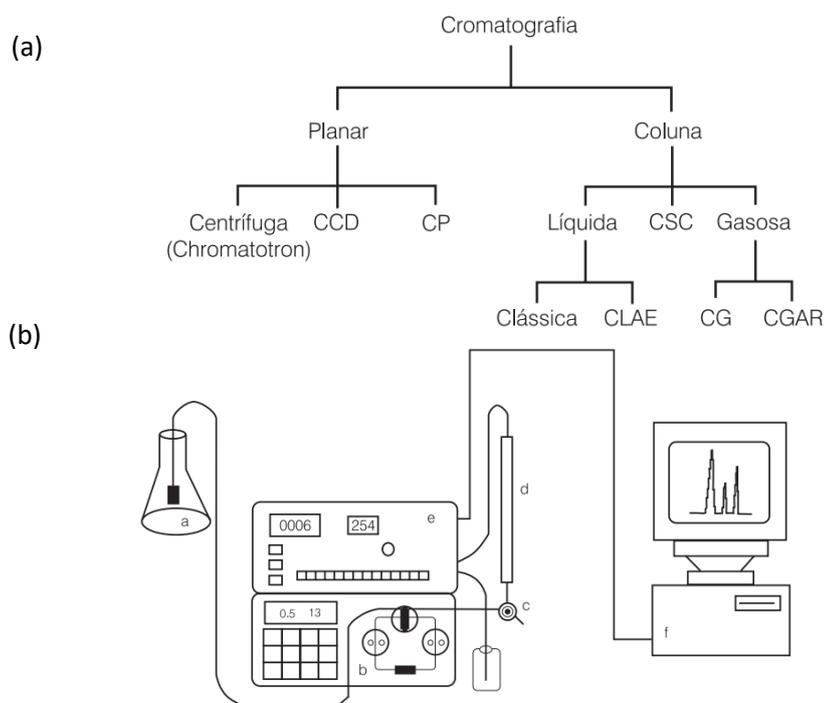


Figura 1 – (a) Esquema dos diferentes tipos de cromatografia. (b) Representação de um equipamento básico de CLAE: a) reservatório da fase móvel; b) bomba de alta pressão; c) válvula de injeção; d) coluna; e) detector e f) registrador. (Fonte: DEGANI *et al.*, 1998)

3. Software Avogadro

Um dos pontos cruciais para entender como a técnica de cromatografia líquida funciona é compreender as interações que ocorrem entre as fases móvel, estacionária e substância estudada, pois isso é fator determinante no tempo do processo de separação e na eficiência em separar os compostos analisados. Para interpretar esse fenômeno, é preciso conhecer os tipos de interações que são determinadas pelas polaridades das substâncias envolvidas no processo, e é nesse momento que entra a atuação do software Avogadro. A partir de uma ferramenta disponível nele é possível observar as regiões polares e não polares de compostos químicos, além da realização de simulações para observar as interações que acontecem entre os diferentes compostos, o que proporciona ao estudante prever o possível comportamento das substâncias antes da realização do experimento na prática.

O software Avogadro é definido em seu site como um avançado editor e visualizador de moléculas com aplicações em química computacional, modelagem molecular, bioinformática, ciência de materiais, além de poder ser usado para fins educacionais. Pode-se notar que suas aplicações perpassam por diversos campos da ciência, e que seu uso para o ensino é promissor, uma vez que permite ao professor criar situações que estimulem o raciocínio dos estudantes, característica de OA citada por Nascimento (2013, p. 9).

O download do software foi realizado no site <<https://avogadro.cc/>>, sendo gratuito e de código aberto, possuindo arquivo com tamanho de 10,8 megabyte (MB) em disco e 33,4 MB após a instalação. Mesmo ainda não possuindo tradução para o português, sua interface no idioma inglês não compromete seu uso. Foi instalado e testado em um notebook Positivo Master, com sistema operacional Windows® 7 Professional, equipado com processador Intel® Core™ i5-2450M, CPU de 2,50 GHz e memória RAM de 4 GB.

4. Público da pesquisa

A pesquisa foi aplicada na cadeira de Química Analítica III do curso de Licenciatura em Química do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – Campus Maracanaú. Esse é um componente curricular optativo, ofertado no 7º período da graduação, com uma turma composta por cinco (05) alunos regulares. Dentre os assuntos que compõem a grade curricular desse componente se encontra o conteúdo de CLAE, que normalmente é ministrado em um total de 14 aulas de 50 minutos, cada, distribuídas ao longo do semestre com os demais conteúdos. Dentre as aulas programadas para apresentar o método de CLAE existe a aplicação de uma aula prática experimental realizada no laboratório para observar o funcionamento do equipamento.

Para o desenvolvimento dessa pesquisa, foi ministrada uma aula complementar sobre o uso do método de CLAE utilizando o Avogadro, em que foi tomado como exemplo para ilustrar a utilização da técnica a identificação e quantificação de agrotóxicos em alimentos, tema que seria trabalhado na aula experimental. Com o auxílio do software foram construídos modelos moleculares dos três agrotóxicos selecionados para serem analisados, dos solventes utilizados para eluição que seriam usados na experimentação e da composição da fase estacionária da coluna cromatográfica do equipamento que seria utilizado, além da realização de pequenas

simulações do que aconteceria no sistema no momento da realização dos testes. A partir da observação das estruturas dos agrotóxicos, dos solventes e da composição da coluna, foi pedido aos estudantes que criassem hipóteses sobre qual a ordem de identificação dos agrotóxicos pelo equipamento. Em seguida, foi feita uma simulação no software Avogadro para testar as hipóteses formuladas e por último a realização da aula experimental para obter a comprovação, ou não, do que foi previsto.

5. Avaliação do desempenho do Avogadro

Essa pesquisa se caracteriza como qualitativa, o que permite ao pesquisador uma melhor aproximação dos fatos estudados, possibilitando uma análise de forma integral, em que diversos tipos de dados são coletados acerca do fenômeno em estudo (GODOY, 1995). Para a coleta de dados foi utilizada a observação direta extensiva, que, segundo Marconi e Lakatos (2003), apresenta, dentre algumas técnicas, o uso de questionário “constituído por uma série de perguntas que devem ser respondidas por escrito e sem a presença do pesquisador” (MARCONI e LAKATOS, 2003, p. 222). As autoras ainda destacam algumas vantagens na utilização de questionários como, por exemplo, uma maior liberdade e segurança nas repostas, tendo em vista o anonimato, menos risco de distorção pelo fato de o pesquisador não agir diretamente e maior uniformidade na avaliação, pois se trata de um instrumento impessoal.

Foi elaborado um questionário contendo cinco (05) questões abertas, também chamadas por Marconi e Lakatos (2003, p. 204) de questões “livres ou não limitadas”, o que permite ao sujeito da pesquisa responder livremente, usando sua própria linguagem, e que possibilita a manifestação de opiniões. O questionário foi elaborado na plataforma do Google Forms, disponibilizada na internet de forma gratuita (<https://www.google.com/forms/about/>), e enviado via E-mail para todos os sujeitos da pesquisa após o término da aula. A forma de aplicação online do questionário foi escolhida por proporcionar maior comodidade aos sujeitos, além de proporcionar mais tempo para responder em horário mais favorável.

6. Escolha dos agrotóxicos e da amostra a ser analisada

A escolha de utilizar agrotóxicos como contextualização da aula se deu pelo fato de que os processos de produção agrícola no Brasil estão cada vez mais condicionados ao uso desses defensivos agrícolas, como mostra o Dossiê ABRASCO: Um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde (CARNEIRO *et al.*, 2015). Em 2010, o Brasil chegou a comercializar cerca de US\$ 7,3 bilhões em agrotóxicos, representando 19% do mercado mundial.

Conforme aponta o Dossiê, no que tange aos resíduos em alimentos, cerca de um terço das amostras consumidas pelos brasileiros está contaminada com agrotóxicos. Isso quer dizer que das amostras de alimentos analisadas em 26 estados da federação, em 28% delas foram detectados resíduos de agrotóxicos não autorizados para aquele tipo cultivo ou que excedem o limite permitido por lei. No detalhamento das amostras insatisfatórias, o nível médio de contaminação em 26 estados brasileiros está distribuído nas culturas agrícolas da seguinte forma: pimentão (91,8%), morango (63,4%), pepino (57,4%), alface (54,2%), cenoura (49,6%),

abacaxi (32,8%), beterraba (32,6%) e mamão (30,4%). Devido a isso, o pimentão foi escolhido como alimento a ser analisado pelos estudantes.

Os agrotóxicos escolhidos para a realização da prática pertencem à classe agrônômica dos inseticidas, com classificação quanto ao efeito à saúde humana sendo III, o que significa que são moderadamente tóxicos. São eles: Imidacloprido, Acetamiprido e Tiametoxam. A escolha desses inseticidas para a utilização na aula experimental foi baseada em duas justificativas. A primeira delas foi a disponibilidade dessas substâncias em estado padrão no laboratório do IFCE em que seria realizada a experimentação, e a segunda, foi estarem incluídos na lista de autorização da Anvisa para a cultura do pimentão, já que essa seria a amostra utilizada na análise, por possuir maior grau de contaminação (pimentão – 98%). Teve-se o cuidado de verificar esta lista de autorização para não correr o risco de analisar um agrotóxico que não haveria possibilidade de estar presente no pimentão.

7. Observação dos estudantes quanto à ordem de detecção dos agrotóxicos

Antes da realização da prática foi solicitado aos estudantes que observassem as estruturas dos agrotóxicos e criassem uma ordem de detecção no equipamento baseada em argumentos concretos que justificassem a escolha. Na Figura 2 é possível observar as estruturas dos agrotóxicos analisados. Foi mostrada também as representações das estruturas dos solventes e da coluna cromatográfica para melhor auxiliar os estudantes, que podem ser observados na Figura 3.

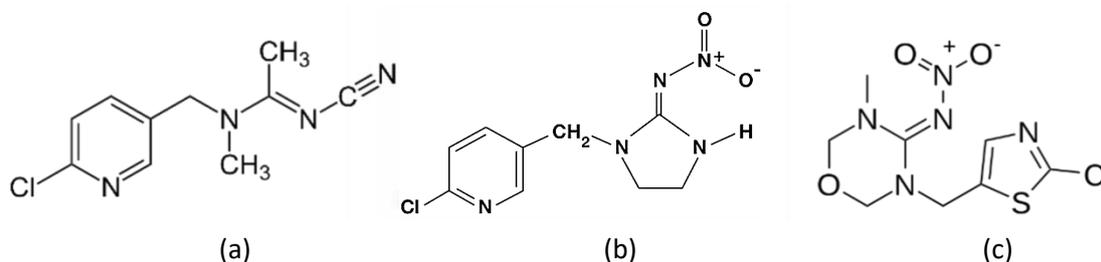


Figura 2 – Estruturas dos agrotóxicos: (a) Acetamiprido ($C_{10}H_{11}ClN_4$); (b) Imidacloprido ($C_9H_{10}ClN_5O_2$); (c) Tiametoxam ($C_8H_{10}ClN_5O_3S$). (Fonte: Autoria própria, 2019)

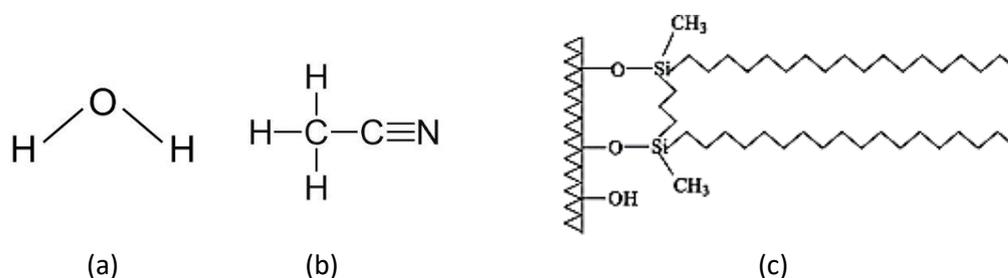


Figura 3 – Estruturas dos solventes: (a) Água (H_2O), (b) Acetonitrila (C_2H_3N); Estrutura da coluna cromatográfica: (c) Coluna C18. (Fonte: Autoria própria, 2019)

Dos cinco alunos participantes da aula, apenas um não apresentou argumentos plausíveis, afirmando apenas que determinado agrotóxico era mais ou menos polar, e por isso seria

detectado primeiro, mas sem apresentar argumentos que justificassem a escolha. Os outros quatro estudantes apresentaram justificativas baseadas em argumentos concretos, como por exemplo, o estudante que apresentou a seguinte justificativa: “Esse composto (*Imidacloprido*) será o primeiro a sair devido ao fato de ser mais polar entre os 3 compostos. Cheguei a essa conclusão devido a presença de um aromático ligado a um halogênio (Cloro) que possui uma grande eletronegatividade. Outro fato que justifica minha escolha é a presença do grupo $-N_2O_2$ que terá uma grande densidade eletrônica”.

Apesar da maioria dos estudantes apresentarem argumentos satisfatórios para justificarem suas escolhas, devido à complexidade das moléculas estudadas, é difícil prever com precisão a ordem de detecção no aparelho de cromatografia. Dos cinco estudantes, apenas um conseguiu prever com exatidão a ordem correta de detecção, daí a importância da utilização de softwares no ensino para auxiliarem os estudantes no entendimento de processos com maior complexidade.

Após os estudantes apresentarem suas estimativas, foi realizada a simulação no Avogadro. Na Figura 4 podem ser observadas as estruturas dos agrotóxicos e na Figura 5 as estruturas dos solventes e da coluna cromatográfica. Após os estudantes realizarem uma nova observação, tiveram a opção de formularem uma nova hipótese ou permanecerem com ela, se baseando na nova argumentação apoiada pela simulação feita no Avogadro.

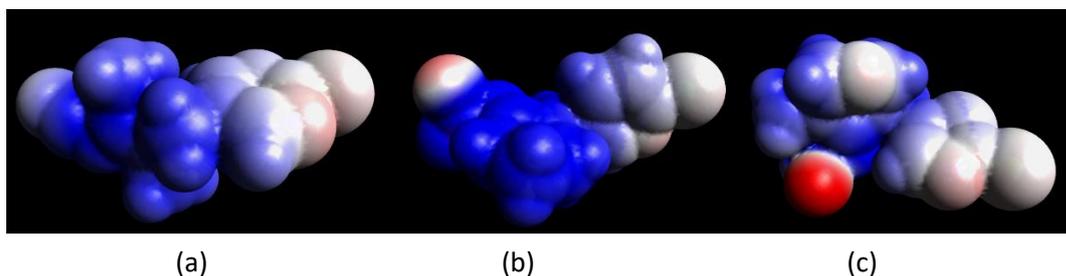


Figura 4 – Estruturas dos agrotóxicos visualizadas no Avogadro: (a) Acetamiprido; (b) Imidacloprido; (c) Tiametoxam. (Fonte: Autoria própria, 2019)

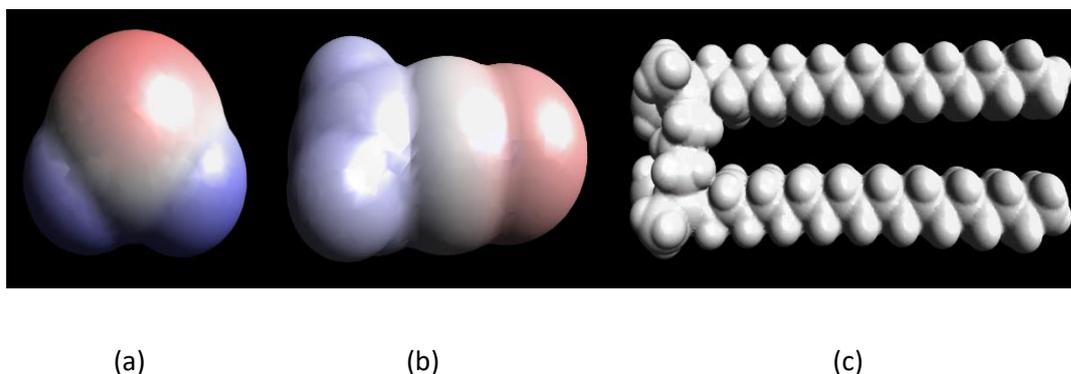


Figura 5 – Estruturas dos solventes visualizadas no Avogadro: (a) Água (H_2O), (b) Acetonitrila (C_2H_3N); Estrutura da coluna cromatográfica visualizada no Avogadro: (c) Coluna C18. (Fonte: Autoria própria, 2019)

Nas Figuras 4 e 5 observam-se os resultados da simulação fornecida pelo Avogadro, em que é possível notar as densidades eletrônicas das estruturas. As regiões em azul significam

baixa densidade eletrônica, ou seja, possuem cargas parcialmente positivas. Já as regiões avermelhadas significam abundância de elétrons ou que possuem cargas parciais negativas. Isso permite ao estudante observar a polaridade da estrutura, bem como a intensidade dessa polaridade (tal molécula é mais ou menos polar), ou ainda, no caso da estrutura da coluna cromatográfica, Figura 5(c), que aparece totalmente branca, é possível inferir que não há polaridade, logo, é uma estrutura apolar. Para a cromatografia, observar isso é de suma importância, uma vez que ela funciona com base na diferença de polaridade entre os compostos. É devido às diferenças de polaridade do sistema cromatográfico que os compostos se separam.

Ao observarem as representações gráficas das estruturas dos agrotóxicos no Avogadro todos os estudantes, exceto um, formularam uma nova hipótese, pois o software permitiu obter uma nova visão acerca da polaridade das moléculas e proporcionou um melhor entendimento do funcionamento da técnica de CLAE na prática. Esse tipo de observação é importante devido ao fato de ser uma técnica de alto custo, assim, com a simulação é possível propor um método antes de partir para a análise prática, economizando recursos.

8. Avaliação do Avogadro

Após a aplicação da aula, foi enviado aos estudantes um questionário no Google Forms contendo cinco (05) questões com o objetivo de avaliarem o desempenho do software Avogadro no ensino de CLAE, além de analisar se os estudantes já tiveram algum contato com TIC durante a graduação. Na Tabela 1 é possível observar o questionário utilizado.

Tabela 1 - Questionário utilizado para avaliar o desempenho do Avogadro. (Fonte: Autoria própria, 2019)

Questionário de opiniões sobre a utilização do software Avogadro no ensino de CLAE

- 01** Você já teve alguma experiência com uso de software no ensino de Química durante a graduação? Explique.
 - 02** Qual sua opinião sobre a utilização de Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) no ensino de Química? Justifique. Entenda por TIC qualquer equipamento utilizado para auxiliar o processo de ensino e aprendizagem, como por exemplo, computadores, softwares, jogos eletrônicos, internet etc.
 - 03** A utilização do software Avogadro auxiliou no entendimento do funcionamento da técnica do CLAE? Justifique.
 - 04** Qual sua opinião sobre a qualidade das simulações observadas no Avogadro? Justifique.
 - 05** O software Avogadro ofereceu resultados precisos com relação as simulações realizadas? Justifique.
-

Analisando as repostas da primeira questão, observou-se que apenas um estudante não havia tido contato com algum software utilizado para o Ensino de Química, já os demais responderam que tiveram esse contato no componente curricular de Bioquímica para visualizar

moléculas de proteínas. Devido ao fato de estarem concluindo a graduação (7º semestre de 8), é possível inferir através das repostas que eles tiveram pouco contato com softwares durante o curso, o que pode significar que os professores ainda são pouco adeptos à utilização desse tipo de ferramenta.

Ao serem questionados sobre a utilização de TIC no Ensino de Química, todos os alunos apontaram argumentos favoráveis ao seu uso, pois alguns conteúdos desse componente curricular são abstratos, o que dificulta o entendimento. Um aluno apresentou a seguinte resposta: *“A utilização da TIC é uma maneira de auxiliar o aluno em situações que somente a explicação oral seria difícil para o aluno compreender. As TIC podem auxiliar em uma melhor visualização de conteúdos mais abstratos como a geometria molecular por exemplo”*.

Quando questionados se o Avogadro auxiliou no entendimento da técnica de CLAE, a seguinte resposta pode servir para ilustrar todas: *“Sim através dele podemos identificar com mais facilidade a polaridade das moléculas e assim entender melhor o funcionamento do equipamento”*. Pela resposta do aluno é possível observar que a utilização do Avogadro, de fato, auxilia no entendimento da técnica, pois realizar a identificação das regiões polares das moléculas observando somente as estruturas presentes na Figura 2 é um processo complexo.

Nas questões 4 e 5 foi indagado ao aluno se o Avogadro apresentou boa qualidade nas simulações e se os resultados foram precisos. Todos os estudantes apresentaram repostas positivas quanto ao Avogadro, em que um dos alunos respondeu à questão 4 da seguinte forma: *“Ótimo, o software apresenta vários tipos de funções que possibilita a visualização da molécula na forma mais real possível”*. Isso mostra que o software pode aproximar o conteúdo estudado com a sua forma mais realista, o que pode facilitar o entendimento do estudante. À questão 5, obtiveram-se repostas como a seguinte: *“Sim, pois o sistema confirmou a sequência de substâncias que foi apontada utilizando apenas as moléculas no quadro”*, que mostra o êxito de todos os estudantes na escolha da ordem de detecção, sendo confirmada após a realização da prática.

9. Conclusão

O presente artigo possui como objetivo principal avaliar o desempenho do software Avogadro como OA no ensino da técnica de CLAE, assim como proporcionar aos estudantes um melhor entendimento desse método. Foi possível concluir que todos os estudantes são favoráveis à utilização de softwares para auxiliarem no Ensino de Química/Técnica de CLAE e que o Avogadro obteve um bom desempenho, visto que todos os alunos conseguiram prever com precisão, após a utilização do software, a ordem de detecção dos agrotóxicos analisados na amostra de pimentão, o que pode ser vantajoso na utilização da CLAE, visto que é uma técnica de custo alto. O software possui potencial até mesmo para ser usado em laboratórios para prever a execução de experimentos na CLAE, com isso, economizando recursos e sem necessariamente possuir finalidades acadêmicas.

10. Referências

- BRASIL. **Ministério da Educação (MEC)**. SEED - Banco Internacional de Objetos Educacionais., 2008. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seed-banco-internacional-de-objetos-educacionais/apresentacao>>. Acesso em: 20/07/2018.
- CARNEIRO, F. F.; RIGOTTO, R. M.; AUGUSTO, L. G. S.; FRIEDRICH, K.; BÚRIGO, A. C. (Orgs.). **Dossiê ABRASCO: um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde**. Rio de Janeiro: EPSJV; São Paulo: Expressão Popular, 2015.
- CARNEIRO, M. L. F.; SILVEIRA, M. S. Objetos de Aprendizagem como elementos facilitadores na Educação a Distância. **Educar em Revista**, n. 4, p. 235-260, 2014.
- DEGANI, A. L. G.; CASS, Q. B.; VIEIRA, P. C. Cromatografia: um breve ensaio. **Química Nova na Escola**, n. 7, p. 21-25, mai. 1998.
- GIORDAN, M. O Computador na Educação em Ciências: Breve Revisão Crítica Acerca de Algumas Formas De Utilização. **Ciência & Educação**, v. 11(2), p. 279-304, 2005.
- GODOY, A. S. Pesquisa qualitativa: tipos fundamentais. **Revista de Administração de Empresas**, v. 35, n. 3, p. 20-29, mai./jun. 1995.
- HODGINS, H. W. **The future of learning objects**. In: WILEY, D. A. (Ed.). The instructional use of learning objects: online version. 2000. Disponível em: <<http://reusability.org/read/chapters/hodgins.doc>>. Acesso em: 30/07/2018.
- HODGINS, H. W. **The future of learning objects**. e-Technologies in Engineering Education: learning outcomes providing future possibilities. In: LOHMANN, J.; CORRADINI, M. (Eds.). ECI Symposium Series. v. P01, 2002. p. 76-82. Disponível em: <<http://dc.engconfintl.org/etechnologies/11>>. Acesso em: 30/07/2018.
- MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. São Paulo: Atlas, 311 p., 2003.
- MIRANDA, R. M. Usabilidade: **O OA deve ser fácil de ser utilizado e estar de acordo com os padrões mais consagrados de usabilidade**. Rio Grande do Sul: Programa de Pós-Graduação em Computação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2004. 80p. Dissertação de Mestrado.
- NASCIMENTO, D. B. **Investigação sobre a eficiência das TIC na aplicação do conceito de estequiometria**. In: OLIVEIRA, O. M. M. (Org.). Desafios Para a Docência em Química: Teoria e Prática. São Paulo: Universidade Estadual Paulista: Núcleo de Educação a Distância, 2013. p. 8-15.
- PASSERO, G.; ENGSTER, N. E. W.; DAZZI, R. L. S. Uma Revisão Sobre o Uso das TICs na Educação da Geração Z. **Renote**, v. 14, n. 2, p. 1-8, dez. 2016.
- SOUZA, N. S.; REIS, E. M.; LINHARES, M. P. (2009). Ensino de química no proeja: integrando o espaço virtual de aprendizagem às ações de sala de aula. In: **VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, 2009, Florianópolis.
- TAROUCO, L. M. R. **Objetos de Aprendizagem: teoria e prática**. Porto Alegre: Evangraf, 2014. 502 p.