



INSTITUTO FEDERAL
Espírito Santo
Campus Colatina

CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO ESPECIALIZAÇÃO
EM ENSINO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA



**DESENVOLVIMENTO DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA POR MEIO DA
ATIVIDADE EXPERIMENTAL PROBLEMATIZADA PARA APRENDIZAGEM
SIGNIFICATIVA DE SOLUÇÕES QUÍMICAS E ESPECTRO
ELETROMAGNÉTICO COMBINADO AO USO DE SMARTPHONES**

*DEVELOPMENT OF A DIDACTIC SEQUENCE THROUGH PROBLEM
EXPERIMENTAL ACTIVITY FOR SIGNIFICANT LEARNING OF CHEMICAL SOLUTIONS
AND ELECTROMAGNETIC SPECTRUM COMBINED WITH THE USE OF
SMARTPHONES*

¹Gabriely Silveira Folli.

²Silvana Goldner Moreira.

¹Aluna do curso de Especialização em Ensino de Ciências da Natureza do Instituto Federal do Espírito Santo *campus* Colatina. E-mail: folligabi@gmail.com.

²Professora do curso de Especialização em Ensino de Ciências da Natureza do Instituto Federal do Espírito Santo *campus* Colatina. E-mail: silvana.moreira@ifes.edu.br.

Resumo: O novo currículo do ensino médio do estado do Espírito Santo criado em 2018 visa correlacionar o cotidiano do estudante com o contexto escolar. O uso de abordagens de metodologias ativas de ensino como a Atividade Experimental Problematizada (AEP) integrada à Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA) é uma alternativa para instigar maior ação do estudante como alvo central do ensino. A Sequência Didática (SD) é um processo de intervenção pedagógica pautada na ordenação da sequência do ensino e aprendizagem, com atividades bem estruturadas para desenvolvimento dos objetivos estabelecidos inicialmente entre o docente e discente. Nesse trabalho, o objetivo foi o desenvolvimento de uma sequência didática com utilização dos instrumentos educacionais AEP e CTSA para desenvolvimento do conhecimento no ensino de química (soluções) e física (espectro eletromagnético) para o segundo ano do Ensino Médio. O tema central para a SD foi a quantificação de Sulfato de Cobre II penta-hidratado. A problematização da SD foi construída por toxicologia da solução de interesse, utilizando aplicativos digitais gratuitos disponíveis em aparelhos móveis para maior imersão dos estudantes, além da utilização de plataformas de laboratórios virtuais gratuitos. A SD foi construída em doze aulas, distribuídas em três aulas para Problematização Inicial, seis aulas para Organização do Conhecimento, duas aulas para Aplicação do Conhecimento e uma aula para Sistematização do Conhecimento, contendo todo material a ser utilizado, tais como a divisão das aulas, os objetivos específicos, os objetivos do conhecimento e as dinâmicas.

Palavras-chave: sequência didática; atividade experimental problematizada; ensino; ciências; aplicativo digital



Abstract: The new high school curriculum in the state of Espírito Santo (2018) aims to correlate the student's daily life with the school context. The use of active teaching methodologies approaches such as the Problematized Experimental Activity (AEP) integrated to Science, Technology, Society and Environment (STSE) is an alternative to instigate a high student action as a central target of teaching. The Didactic Sequence (DS) is a pedagogical intervention process based on the ordering of the teaching and learning sequence, with well-structured activities to develop the objectives initially established between the teacher and the student. In this work, the objective was the development of a didactic sequence using the educational instruments AEP and STSE for the development of knowledge in the teaching of chemistry (solutions) and physics (electromagnetic spectrum) for the second year of high school. The central theme for DS was the copper(II) sulfate pentahydrate quantification. The DS problematization was built by the interest solution toxicology. It was used free digital applications available on mobile devices for greater immersion of students (Redgim software), in addition to the use of free virtual laboratory platforms. The DS was built in twelve classes, divided into: three initial problematization classes, six knowledge organization classes, two knowledge application classes and three knowledge systematization classes, containing all the material to be used, such as class division, specific objectives, knowledge objectives and dynamics addressed in this study.

Keywords: didactic sequence; problematized experimental activity; teaching; science; digital application.

1 INTRODUÇÃO

O ensino de ciências da natureza para o ensino médio (EM) sofreu mudanças ao longo dos anos. Atualmente, a divisão do conteúdo lecionado para o ensino médio de acordo com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) está pautada em três grandes áreas (Matéria e Energia – CE01; Vida e Evolução – CE02; Terra e Universo – CE03). O novo Currículo Básico da Escola Estadual do Espírito Santo (CBEE-ES) para o ensino médio, proposto pelo governo do Estado do Espírito Santo na Resolução CEE/ES nº 5.190/18, segue a BNCC e objetiva integrar e instigar uma maior ação do estudante entre os contextos escolares com seu cotidiano, seja na resolução de problemas e desafios ou na ampliação dos seus conhecimentos sobre a vida e o meio que o cerca, entre outros. Pretende-se que este novo currículo esteja em vigor em todas as escolas da rede estadual até o ano de 2024 (Compiani, 2018).

Para que tais objetivos possam ser atingidos, metodologias ativas de ensino aliadas às abordagens CTSA - Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente, podem ser adotadas. O uso de experimentos, por exemplo, utilizando preceitos da abordagem da Atividade Experimental Problematizada (AEP), pode aumentar a interação entre docente-discente e favorecer o estabelecimento de debates, pois possibilita a interpretação de fenômenos de maneira crítica. Logo, tem-se, na área pautada na resolução de problemas e temáticas experimentais em conjunto com a utilização de tecnologias, um processo que prioriza conhecimento científico com base humanista (Moreira, 2019; Fernandes, 2016; Lopes, 2011; Silva, 2017).

Para elaboração de uma AEP, necessita-se seguir algumas etapas contendo o problema proposto (na AEP, promove-se a solução desse problema com a investigação sistêmica), objetivo experimental (proposta das atividades práticas para cumprir o objetivo fundamental proposto) e diretrizes metodológicas (roteiro das ações que derivam do objetivo experimental para nortear o discente nos comandos iniciais e adentrar no objetivo proposto) (Moreira, 2019; Fernandes, 2016; Comarú, 2022).



A Sequência Didática (SD) pode ser apresentada em diferentes sequências lógicas, tais como a AEP. A SD é estabelecida por uma sequência de procedimentos lógicos e bem alinhados que possuem objetivo claro já estabelecido pelo professor e estudante. A SD deve conter todos os passos e etapas para resolução do objetivo central proposto. A composição da SD deve conter atividades estruturadas e bem planejadas para desenvolvimento de uma sequência lógica clara para compreensão de todo processo educacional envolvido em sua construção. Para isso, adotam-se recursos para contextualização e organização do conteúdo distribuída em etapas para construção da unidade didática. Na AEP, o principal objetivo é estimular o pensamento crítico do discente, com o intuito de fortalecer seu processo crítico e avaliativo para resolução de problemas, além da socialização com os demais estudantes. A AEP é apresentada como uma metodologia satisfatória para um aprendizado ativo por meio da descoberta e pesquisa. O professor torna-se mediador e o estudante deixa de ser mero ouvinte e espectador passivo, tornando centro da descoberta por construções de argumentos para aprendizagem investigativa concreta. Para isso, é fundamental que o estudante seja estimulado desde o início da SD com problematizações verdadeiras que sejam de acesso do estudante (Moreira, 2019; Silva, 2017).

Para que a AEP possa ser utilizada em uma sequência didática, alguns passos são necessários. Dentre eles, destacam-se a discussão prévia, organização/desenvolvimento da atividade experimental, retorno do grupo de trabalho, a socialização e a sistematização. Na discussão prévia ocorre o debate inicial envolvendo a problemática central a ser solucionada). A organização/desenvolvimento da atividade experimental é composta pela divisão dos grupos para elaboração da sequência prática, discussão em torno da problemática central, elaboração das diretrizes práticas e experimentais. O retorno do grupo de trabalho é o registro das atividades realizadas, tais como relatórios e diários de bordo, discussões com a sala completa para desenvolvimento dos conhecimentos teóricos e experimentais desenvolvidos na etapa experimental para solucionar o problema inicial, sempre contendo o professor como mediador. A socialização se dispõe na avaliação do conhecimento e desenvolvimento de toda parte da AEP agregada à aprendizagem do discente, o uso de diferentes etapas experimentais estabelecidas por cada grupo e discussão sobre os resultados gerados. Por fim, a sistematização é composta pela organização dos resultados alcançados para construção da resolução da problematização central da AEP (Comarú, 2022; Siqueira, 2022).

Desde 1999, o uso de tecnologias é previsto pelos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) (Leite, 2003), que incluíram a necessidade de digitalização e do firmamento de tecnologias vinculadas ao ambiente escolar, e a BNCC traz a necessidade de aprimorar a busca e o mapeamento de conhecimentos dispostos nos meios virtuais para desenvolvimento de pesquisas com cunho científico. Portanto, faz-se necessário aprimorar e estabelecer métricas para cumprir tal função.

Atualmente, uma das tecnologias utilizadas em sala de aula é o smartphone, pois seu uso faz-se presente no cotidiano da sociedade. No estado do Espírito Santo, a lei estadual nº10.506 publicada em 2016, revogou a lei nº 8.854, de 2008, que proibia o uso de aparelho celular em sala de aula, e passou a permitir seu uso como ferramenta didático-pedagógica. Além disso, dados recentes de uma pesquisa realizada pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) mostram que o uso de aparelhos móveis tem crescido entre os estudantes e que, ao final de 2021, 84,1% dos estudantes, entre 13 e 17 anos, possuíam aparelho celular, ao passo que em 2019, o percentual era de 73,2% (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística).

Entre as diversas funções que os celulares possibilitam está o emprego de fotografias digitais para utilização em pesquisas científicas. Isso porque o mecanismo de como a



fotografia é construída assemelha-se ao instrumento analítico de espectroscopia na região do ultravioleta e visível (UV-Vis). Com isso, é possível utilizar um método científico com um instrumento comumente utilizado entre os jovens, a fim de relacionar o contexto escolar com o cotidiano de cada estudante. Para isso, pode-se inferir a identificação de analitos em soluções, determinar quantidade de analitos, além de empregar uma análise interdisciplinar entre o ensino de química e física, abordando o estudo das ondas eletromagnéticas e da formação de imagens digitais, que são geradas pelas cores primárias vermelho, verde e azul, com o sistema RGB, distribuídas por seus pixels.

Alguns aplicativos, tais como o Redgim© (Rosa, 2022) e Photometrix© (Helfer, 2017), utilizam imagens digitais para determinação ou identificação de analitos em substâncias químicas (Comarú, 2022). Pesquisadores utilizaram Redgim© para quantificar o teor de cloro livre em água de torneira (método da orto-tolidina) por regressão por mínimos quadrados parciais (PLS, do inglês Partial Least Squares) e para identificar padrões e quantificar canabinol em amostras de maconha e haxixe apreendidas pela Polícia Civil do Espírito Santo (método de cromatografia em camada delgada) (Rosa, 2022). Outro grupo de pesquisa utilizou o Photometrix© para quantificar cobre em amostras de aguardente de cana (cachaça) por meio da formação de complexo azul de cobre por PLS (Bock., 2020).

Estes programas apresentam vantagens, tais como: serem sustentáveis, já que se faz necessário nenhum ou pouco solvente; não requererem preparo de amostra; não necessitarem de gases de arraste; possibilidade de serem realizados in loco; serem acessíveis e terem baixo custo. Portanto, reduzem ou eliminam qualquer tipo de poluição ou dano causado à natureza (Tundo, 2000).

Assim, o objetivo deste trabalho se define pelo emprego de aparelhos celulares em aplicativo de tratamento de imagens digitais (Redgim©) na identificação e quantificação de analito (sulfato de Cobre II penta-hidratado, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) em solução para desenvolvimento de uma sequência didática no estudo de soluções e espectro eletromagnético no segundo ano do Ensino Médio; uma vez que esta classe de analito (sais inorgânicos) já foi apresentada ao discente do 2º ano em conteúdos anteriores ao de Soluções. Além disso, o analito, que será quantificado, forma soluções coloridas (azuladas) e é um conhecido fungicida que pode ser facilmente comprado em lojas de produtos agrícolas e de tratamento de piscinas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. METODOLOGIAS ATIVAS

O processo de aprendizagem pode utilizar diferentes metodologias, mas estas precisam ser estabelecidas com objetivos claros e diretos para construção e organização do conhecimento de forma que o discente se sinta incluído e moldador do próprio aprendizado. Desta forma, alguns pesquisadores, tais como Dewey (1950), Rogers (1973), Freire (2009), entre outros, visaram ultrapassar a barreira do conhecimento tradicional e partir para uma aprendizagem em que o estudante desenvolva papel central, estabelecido por sua própria curiosidade e interesse, surgindo assim as metodologias ativas, pois nelas o estudante participa ativamente da construção do conhecimento.

Um tipo de metodologia ativa é a Atividade Experimental Problematizada (AEP). A AEP pretende englobar o estudante em todo desenvolvimento da prática experimental, de maneira não simplista para percorrer todas as etapas do experimento químico. Nela ocorre uma problematização inicial para instigar a curiosidade do discente e despertar sua criticidade, transformando-a em curiosidade epistemológica (Freire, 2005; Silva, 2017). Com isso,



aprimora-se a autoconfiança do estudante no desafio intelectual para que este consiga desenvolver explicações de acordo com os fenômenos observados, estabelecidos por meio de debates questionadores do docente (Silva, 2017).

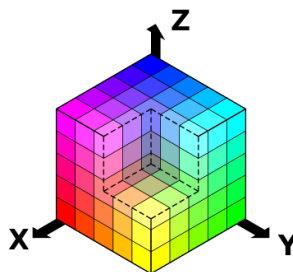
Uma forma de aplicação da AEP, dá-se pela sequência didática (SD). Nela, é estabelecido a sequência lógica de como o docente dividirá o processo de aprendizagem em função das atividades abordadas e das intervenções planejadas para entendimento do conteúdo de interesse. É importante verificar o foco do desenvolvimento da SD de acordo com o cotidiano dos discentes para estabelecer correlação entre o meio escolar e social. Assim, poder relacionar as vivências sociais dos estudantes e estimular a curiosidade verdadeira, estabelecendo discussões interessantes e conteúdo integrador para que a aprendizagem seja alcançada pelos discentes (Kobashigawa, 2008).

Os *smartphones*, por exemplo, podem ser utilizados dentro da SD e AEP de diferentes formas, tais como no uso de imagens digitais para diferenciação de amostras químicas, tornando-se uma alternativa de interligar o social dos estudantes com as metodologias desenvolvidas dentro de sala de aula.

2.2. APLICATIVOS DE PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS

Os aplicativos de processamento de imagem utilizando o espectro eletromagnético funcionam dentro da faixa espectral visível. A luz é refletida pelo objeto de interesse e captada pelo celular. Esse resultado é processado originando a fotografia digital. Cada pixel representa uma cor característica do Sistema RGB, de acordo com a **Figura 1**. Esse sistema RGB é compreendido pela teoria tricromática (vermelho, verde e azul). As variações entre as intensidades dessas cores são distribuídas no intervalo de 0 a 1 (Hastings, 2012).

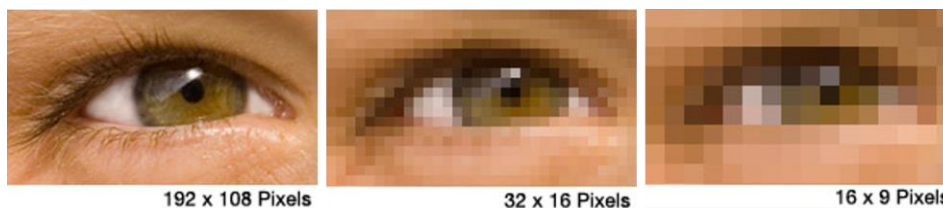
Figura 1. Esquema da distribuição das cores do Sistema RGB.



Fonte: Antony-Babu (2009)

Assim, quanto maior a resolução da fotografia, maior será a quantidade de pixels distribuída em sua área e mais nítido será seu resultado, conforme **Figura 2**. O ROI, do inglês *Region of Interest*, é dado pela área de interesse do experimento analisado. Ou seja, quanto maior o ROI, maior será a região de interesse.

Figura 2. Resolução de uma imagem digital



Fonte: WorldWideWallMurals

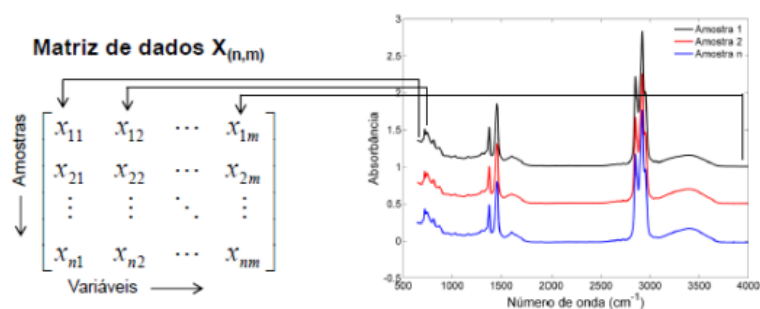


Essas respostas podem ser utilizadas como variáveis de entrada para diferentes estudos, tais como interesses em se classificar diferentes matrizes por suas características, ou também na predição de propriedades físico-químicas, tais como quantificação de concentrações de soluto em diferentes misturas. Uma alternativa de realizar esses estudos é utilizando quimiometria para dados multivariados. Ou seja, utilizando dados que possuem mais de uma variável.

2.3. QUIMIOMETRIA

A área da química analítica que possibilita encontrar uma ligação entre as informações complexas e ricas obtidas a partir de dados químicos que necessitam de suporte computacional com tratamento matemático e estatístico para extração de informações relevantes de grandes quantidades de dados é denominada Quimiometria. Onde, retiram-se informações químicas e os transformam em matrizes de dados matemáticos e estatísticos, como mostrado na **Figura 3** (Brereton, 2003; Filgueiras, 2014; Terra, 2017; Wold, 1998).

Figura 3. Desenvolvimento de modelos de análise multivariada de dados empregando informações químicas exemplificadas por espectroscopia no infravermelho médio (MIR)



Fonte: Filgueiras (2014)

Dentro da Quimiometria, existem três subáreas: calibração multivariada de dados, planejamento de experimentos e reconhecimento de padrão. A calibração multivariada visa quantificar uma determinada propriedade utilizando metodologias multivariadas como dados de entrada, abrangendo as informações químicas importantes alocadas na técnica analítica de interesse. Por exemplo, determinar a quantidade de cobre em uma solução aquosa por meio do uso de imagens digitais. O planejamento de experimentos tem como objetivo a otimização de análises químicas para resultar em maiores rendimentos e menores gastos. Já o reconhecimento de padrão tem como objetivo encontrar padrões em dados de origem multivariada, buscando seu agrupamento por similaridade. Assim, estes padrões relacionam a identidade de uma amostra com suas características químicas (Pasquini, 2007).

Os métodos quimiométricos são, também, classificados em supervisionados e não supervisionados. Os métodos não supervisionados abrangem os dados de treinamento e o modelo desenvolvido busca um padrão nas amostras, tendo como potencial objetivo acrescer a definição do conjunto de dados, conceituando a presença ou a ausência de agrupamentos naturais entre as amostras. Já, os métodos supervisionados apresentam características iniciais (classes) do grupo amostral antes de iniciar a modelagem. Essas características iniciais inseridas são utilizadas como primícias para construção dos modelos para encontrar correlação entre a propriedade de interesse (classe) com a técnica analítica utilizada (espectros, imagens, concentrações, entre outros). Os modelos supervisionados são utilizados tanto para métodos de classificação para identificação de possíveis componentes no grupo



amostral ou também para quantificar componentes por métodos de regressão multivariada (Brereton, 2003; Filgueiras, 2014; Pasquini, 2007; Wold, 1998).

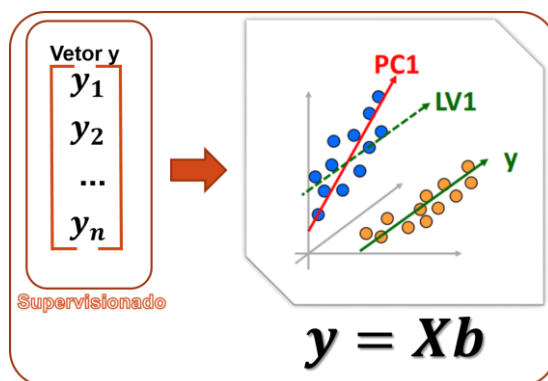
2.3.1. Método comparativo

A PCA, do inglês Principal Component Analysis, é um campo da quimiometria classificada em reconhecimento de padrão não supervisionado. Os vetores ortogonais, também conhecidos por componentes principais, são definidos pela combinação linear das variáveis originais e ordenadas pela quantidade de informação ou variância presente em cada uma delas. Ela tem como potencial objetivo encontrar relações naturais entre as variáveis e por consequência diminuir a dimensão de sua matriz, projetando os dados gráficos que detém da maior quantidade possível de informações contidas em um único conjunto de dados, diminuindo a quantidade de variáveis e permanecendo as variáveis não correlacionadas. Esse agrupamento pode ser dado mediante gráficos de *score* e *loadings*, cujos eixos são as componentes principais (PCs) e onde os dados são projetados, sendo que a matriz scores é o grupo de novas coordenadas em relação às componentes principais (ao novo sistema de eixos com menores dimensões) determinando as informações sobre as amostras, enquanto os *loadings* geram a contribuição de cada variável original nas componentes principais (Brereton, 2003; Centner, 1998; Cho, 2014).

2.3.2. Método colorimétrico

Enquanto a PCA é realizada com o objetivo de verificar a semelhança ou padrões dispostos no conjunto amostral, a regressão por PLS, do inglês Partial Least Squares, é realizada com o objetivo de quantificar um possível analito em uma amostra de interesse. A matriz X também é decomposta. Mas, agora ela é influenciada por vetores contendo a propriedade de interesse, como a concentração. Ou seja, ocorre a formação das componentes principais e essas PCs são rotacionadas a fim de que haja maior correlação entre as informações químicas dispostas nas PCs com a informação contida no vetor de propriedade dependente, originando as variáveis latentes (LV), de acordo com a **Figura 4**.

Figura 4. Esquema de rotação da componente principal 1 (PC1) em relação ao vetor propriedade (y) dando origem à variável latente 1 (LV1).



Fonte: Autor (2022)

2.4 APLICATIVOS PARA TRATAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS

As imagens químicas, por conter em diferentes contrastes, distribuição de cores, entre outros, podem diferenciar amostras que possuem coloração distintas. Assim, imagens químicas podem ser usadas para quantificação ou identificação de propriedades físico-químicas. No estudo da química, a distribuição de coloração pode ocorrer pela procedência de reações químicas e também pela variação de concentrações. A variação de coloração por concentração pode ser identificada por colorimetria, na qual, usa-se absorção molecular de



substâncias que apresentam cor por meio da radiação eletromagnética monocromática (Skoog, 2006).

A lei de Lambert-Beer estabelece que a diferença entre a coloração e a concentração do analito é feita de maneira linear. Ou seja, a intensidade de absorção do analito é proporcional à sua concentração na solução (Harris, 2017; Skoog, 2006). Parte de toda a radiação é absorvida (absorbância) e parte é transmitida (transmitância), **Figura 5** (Skoog, 2006). Ademais, quando a concentração do analito de interesse é dada por mol.L⁻¹, a constante de absorvidade passa a ser chamado de absorvidade molar. Ela indica a absorbância de analito em mol que atravessa o caminho ótico de 1cm (Skoog, 2006).

Alguns aplicativos foram criados para tratamento de imagens digitais na resolução de problemas químicos, **Figura 5**. A partir das imagens químicas, pode-se correlacionar a informação importante da variação de cor com propriedades químicas. Assim, a informação química presente entre as diferentes amostras alocadas no grupo pode ser buscada por meio da variância espectral. Existem aplicativos para tratamento de imagens digitais para determinação de propriedades físico-químicas, tais como o Redgim© (Rosa, 2022) e Photometrix© (Helfer, 2017). Ambos apresentam conceitos de quimiometria para realização dos modelos comparativos e colorimétricos, **Figura 5**. As imagens digitais são inseridas nos aplicativos, os modelos de interesse são escolhidos, os parâmetros são configurados, os modelos são construídos e todas as respostas são retornadas em forma de gráficos e tabelas (Helfer, 2017, Rosa, 2022).

Figura 5. Esquema de utilização dos programas para tratamentos de imagens digitais para resolução de problemas químicos.



Fonte: Autor (2022)

2.5. DEFENSIVOS AGRÍCOLAS

Segundo dados da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) e do Observatório da Indústria dos Agrotóxicos da Universidade Federal do Paraná, o Mercado mundial de agrotóxico cresceu 93% durante os anos de 2002-2012, enquanto que no Brasil, o mercado cresceu cerca de 193% (ANVISA, 2012). Desde 2008, o Brasil é o maior consumidor de agrotóxicos no mundo (Ferrari, 2014) e cada brasileiro pode consumir, em média, 7 kg desses produtos por ano (Abrasco, 2012).

O uso irrefletido desses produtos cresce a cada ano. Em 2019, mais novos 474 produtos foram liberados por pressão do Mercado da agroquímica (Ministério da Agricultura



e Pecuária, 2019; Ministério da Agricultura e Pecuária, 2016), e dos cinquenta mais utilizados, vinte e dois são proibidos pela União Europeia (Ferrari, 2014; Carneiro, 2018).

Embora o sulfato de Cobre II penta-hidratado ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) seja um fungicida e herbicida muito comumente utilizado pela agroindústria (Hassan, 2010; Takeda, 2000), ele também pode causar sérios danos à saúde humana, como irritações oculares e cutâneas (Hassan, 2010). Essa contaminação pode ser realizada por meio de lixiviação do solo dada pelas chuvas ou pela irrigação das plantações, adentrando no solo e chegando ao lençol freático e por consequência contaminando rios e oceanos (Laurén, 1986; Mason, 1995). Pode ocorrer mudança das características da água, tais como a alteração do pH, da dureza e da alcalinidade (Laurén, 1986; Mason, 1995). O pH alterado da água pode alterar a espécie de cobre presente e sua toxicidade (Laurén, 1986; Mason, 1995). Um dos primeiros estudos sobre a contaminação da fauna por cobre foi publicado em 1985. Os autores identificaram que a toxicidade do cobre interfere no funcionamento das brânquias dos peixes já em concentrações baixas ($12,5 \mu\text{g.L}^{-1}$) (Lauren e McDonald 1985). Além de contaminação do solo, das águas subterrâneas, também pode ocorrer contaminação do ar por contaminação na emissão atmosférica (Laurén, 1986; Mason, 1995).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. CURRÍCULO

Os conteúdos de interesse serão compartilhados com os estudantes do segundo ano do ensino médio e a sequência didática empregará a interdisciplinaridade entre professores de ensino de química e física.

3.1.1. Competência específica, temas integradores e interdisciplinaridade

A sequência didática será fundamentada a partir da competência específica de CE03, dada por:

Analisar, compreender e explicar características, fenômenos e processos relativos ao mundo natural, social e tecnológico (incluindo o digital), como também as relações que se estabelecem entre eles, exercitando a curiosidade para fazer perguntas, buscar respostas e criar soluções (inclusive tecnológicas) com base nos conhecimentos das ciências da natureza.

Os temas integradores e interdisciplinaridade serão dispostos pela Educação Ambiental (TI03) e Trabalho, Ciência e Tecnologia (TI12).

3.1.2. Interdisciplinaridade

As disciplinas de física e química serão abordadas em contexto complementar e lecionadas em concomitância pelos professores responsáveis.

A unidade temática trabalhada na disciplina de química será dada por Vida e Evolução. O objetivo do conhecimento é o tema de soluções e a habilidade empregada será a EM13CNT205QUIC/ES, dada por:

Habilidade: Conduzir atividades experimentais, interpretar resultados e realizar previsões sobre atividades experimentais relacionadas ao preparo de soluções e cálculo de concentrações usuais e que expressam quantidade de matéria, com base nas noções de probabilidade e incerteza, reconhecendo os limites explicativos das ciências.

Também haverá disponibilidade da habilidade de EM13CNT301, dada por:

Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para



construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica.

Para a disciplina de física, a unidade temática trabalhada será de Matéria e Energia. O estudo do Espectro Eletromagnético tem-se como objetivo de conhecimento e a habilidade a empregada será a EM13CNT205FISc/ES, dada por:

Relacionar as características da luz aos processos de formação de imagem e interpretar resultados e realizar previsões sobre atividades experimentais, fenômenos naturais e processos tecnológicos e comparar exemplos de utilização de tecnologia em diferentes situações culturais, avaliando o papel da tecnologia no processo social e explicando transformações de matéria, energia e vida.

3.2. SEQUÊNCIA DIDÁTICA

A sequência didática tem como objetivo quatro momentos fundamentais: problematização inicial, organização do conhecimento, aplicação do conhecimento e sistematização do conhecimento, **Quadro 1**. Para isso, será esquematizado o lúdico com a estrutura teórica, embasada na temática de priorizar o estudante no contexto central de sala de aula. A problematização inicial será regida pela dependência do uso indiscriminado de defensivos agrícolas e sua toxicologia. Com isso, discussões e rodas de conversas com o objetivo de entender a percepção do estudante perante o tema e seus pontos de vista, serão trazidas para o ambiente escolar. Para o segundo momento, serão criadas aulas expositivas-dialogadas perante o tema de soluções e espectro eletromagnético para correlacionar todo contexto social do estudante e com os aspectos teóricos. Sempre desenvolvendo uma aprendizagem significativa, com os aspectos intrínsecos do estudante e também os novos conteúdos teóricos. Já, o terceiro momento de aplicação do conhecimento será desenvolvido pelo grau de correlação e assimilação que o estudante relacionou e verificar os temas que mais despertaram curiosidade e interesse dos discentes.

Quadro 1. Sequência didática proposta.

Aula	Sequência didática (SD)	Dinâmica
1-2	PI	Debate – Soluções, toxidade e ondas eletromagnéticas
3	PI	Apresentações dos temas de interesse dos estudantes sobre toxidade em soluções e exemplos de aparelhos que utilizam de ondas eletromagnéticas em nosso dia a dia
4-9	OC	Aula Expositiva dialogada
10-11	AC	Aula Experimental - Experiência de quantificação de sulfato de cobre II penta-hidratado em solução aquosa por aplicativo de processamento de imagem digital Redgim©.
12	SC	Sistematização: Quiz interativo por plataforma Kahoot©, gincana e questionário estruturado e aberto.



PI: Problematização Inicial; OC: Organização do Conhecimento; AC: Aplicação do Conhecimento; SC: Sistematização do Conhecimento.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A sequência didática foi construída utilizando os três objetivos fundamentais do conhecimento. Primeiramente, tem-se a problematização inicial para conversa com os estudantes, introduzindo o conteúdo, percebendo os conhecimentos pré-estabelecidos pelos discentes e os conduzindo como protagonistas do seu próprio conhecimento. Após, tem-se a organização do conhecimento para construção do aprendizado entre o docente e discente, prevendo uma mudança no conhecimento ingênuo do estudante e promovendo a alternância para a inteligência epistemológica. Por fim, tem-se a aplicação do conhecimento e interligação entre o conhecimento teórico e prático, conduzindo os estudantes, de maneira mais independente e com maior liberdade a fim de identificar os maiores interesses dos discentes.

4.1. PROBLEMATIZAÇÃO INICIAL

A problematização inicial deve ser desenvolvida em duas aulas, conforme **Quadro 2**. A primeira aula objetiva debater conceitos do conteúdo de “Soluções” e sua problematização com o cotidiano do estudante. Para isso, deverá ser desenvolvido um questionário para perceber o que o aluno entende sobre o tema proposto e sua correlação entre o lúdico e o concreto no contexto individual de cada discente.

Após uma conversa inicial, e com o questionário já respondido, trechos do filme “Erin Brockovich - Uma Mulher de Talento (2000)” serão transmitidos em aula para alertar sobre os perigos da contaminação de compostos químicos em unidades de abastecimento de água. Pesquisadores utilizaram esse filme para aprendizagem de química no curso de graduação de Engenharia de Alimentos e a utilização desse filme em sala gerou o interesse dos estudantes em temas ambientais, além de estimular o aprofundamento dos discentes no tema (Leão, 2013). O filme apresenta 131 minutos e as partes que serão utilizadas serão os 33 minutos iniciais para contextualização do filme acrescidos da parte mais importante que se refere ao diálogo da protagonista com um professor universitário de Química (30’59” a 33’04”) sobre os riscos de contaminação e suas consequências para a saúde humana (Santos, 2020). Ao fim da aula, a turma deve ser dividida em grupos para buscar estruturas químicas utilizadas como defensivos agrícolas e suas toxicologias para o meio ambiente e saúde humana. A turma será dividida em 4 grupos e a pesquisa será realizada fora do horário de aula para ser apresentada na aula seguinte. A pesquisa pode ser realizada utilizando o próprio aparelho celular ou computadores.

Ao começo da terceira aula, os estudantes apresentarão a pesquisa realizada na aula anterior, cada grupo terá em torno de 5 minutos para expor sua pesquisa. A partir do debate de todos os grupos, a segunda aula abordará o “espectro eletromagnético” e onde o vemos no nosso dia a dia, a fim de que os alunos manifestem a construção de imagens celulares. A partir do conhecimento inicial dado pelos estudantes e sua contínua participação, a aula prosseguirá para problematização de exemplos de ondas eletromagnéticas e suas aplicações diárias (como as ondas de rádio, ondas de raios X, ondas solares: infravermelhas, luz e ultravioletas e suas respectivas nocividades). Ao fim da aula, grupos serão divididos novamente para buscar outros materiais que utilizam de ondas eletromagnéticas em seu funcionamento. A pesquisa será realizada de forma semelhante à aula anterior. Os estudantes farão uma pesquisa fora de sala de aula para apresentar na aula seguinte.

Quadro 2. Descrição da etapa de problematização inicial

Aula	Objetivos específicos	Objetivos do conhecimento	Dinâmicas
1	<ul style="list-style-type: none"> • Problematização inicial sobre defensivos agrícolas e suas variedades; • Roda de conversa sobre o tema; • Apresentação da problematização ; • Avaliação dos conhecimentos prévios dos estudantes acerca do tema. 	Desenvolver com os alunos as noções iniciais sobre soluções	<p>- RODA DE CONVERSA</p> <p>Realização de uma roda de conversa sobre o tema, com a problematização intermediada por meio do quadro de questões disposto no Anexo A.1.</p> <p>- FILME</p> <p>Exibição dos 33 minutos iniciais do filme “Erin Brockovich - Uma Mulher de Talento (2000)”. Apresentar o diálogo da protagonista com um professor universitário de Química (30’59” a 33’04”).</p> <p>- PESQUISA</p> <p>Dividir a sala em 4 grupos. Cada grupo fará uma breve pesquisa sobre um defensivo agrícola sobre suas propriedades e toxicologias. A apresentação ocorrerá no início da Aula 3. Cada grupo terá, em média, 5 minutos para falar sobre sua pesquisa.</p>
	<ul style="list-style-type: none"> • Roda de conversa sobre o tema; • Apresentação da problematização . 		Desenvolver com os estudantes as noções iniciais sobre o espectro eletromagnético.

4.2 ORGANIZAÇÃO DO CONHECIMENTO

A organização do conhecimento se dará de duas formas: aulas expositivas-dialogadas (Quadro 3) e aulas experimentais (Quadro 4). As aulas 3 a 9 trarão os temas desenvolvidos e necessários para o conhecimento do estudante a respeito do tema de soluções e espectro eletromagnético, **Quadro 3.**

Essas aulas serão desenvolvidas em diálogo entre docente e discente para construção significativa de conhecimento. Ou seja, é necessário que haja clara conexão e participação do discente para que a aula seja bem proveitosa e ocorra de maneira em que o interesse do estudante seja o tema central das aulas. Isso porque, a curiosidade ingênua do estudante deve ser transposta em curiosidade epistemológica.



Ao começo da aula 3, os estudantes farão as apresentações das pesquisas desenvolvidas. Cada grupo terá em torno de 5 minutos. Ao fim de todas as apresentações, haverá o debate para correlação entre a pesquisa desenvolvida nas aulas 1 e 2. Por fim, começará a ser abordado o conteúdo de forma expositiva dialogada sobre o assunto de soluções químicas.

Quadro 3. Descrição da etapa de organização do conhecimento das aulas dialogadas e expositivas.

Aula	Objetivos específicos	Objetivos do conhecimento	Dinâmicas
3	Exposição inicial dos conteúdos de soluções químicas; integrando ao cotidiano dos estudantes relacionando com o tema de tipos de ondas eletromagnéticas, colorimetria e tipos de defensivos agrícolas dos grupos pesquisados pelos estudantes na Aula.	Introduzir os estudantes ao tema de estudo com os subtemas pesquisados relacionados às soluções químicas e ondas eletromagnéticas.	Roda de conversa na qual serão discutidas as propriedades químicas e físicas do tema de soluções e espectro eletromagnético mediante a apresentação dos grupos acerca da pesquisa proposta ao fim das Aulas 1 e 2; Roda de conversa interativa entre os grupos de apresentação e interligação entre os temas de física e química escolhidos.
4-8	Exposição aprofundada dos conteúdos de soluções químicas, colorimetria e espectro eletromagnético; integrando ao cotidiano dos estudantes relacionando com as pesquisas apresentadas nas aulas anteriores; expor conteúdos de Ótica e de Soluções.	Aprofundar ao tema principal a respeito ao tema de estudo com os subtemas relacionados às propriedades químicas e físicas: soluções e espectro eletromagnético.	Aula expositiva dialogada na qual serão discutidas as disciplinas de química, por meio do tema de soluções, empregando o tema de: constituintes de uma solução; diferença entre mistura e solução; preparo de soluções; diluição; concentração, tipos de solução (insaturada, saturada e supersaturada) e análise dimensional. Também, será discutido os temas geradores do estudo da disciplina de física: ótica; tipos de ondas; ondas eletromagnéticas; lei de Beer e conceitos de colorimetria.
9	Exposição dos conteúdos de soluções químicas e eletromagnetismo. Construir relação entre o teórico e o prático. Interligar todos os conhecimentos prévios do estudante com o conteúdo abordado em sala de aula; construir o	Interligar o tema teórico proposto de soluções e ondas eletromagnéticas ao tema principal a respeito de quantificação de analitos em soluções de maneira rápida com auxílio de aplicativos celulares.	Aula expositiva dialogada na qual serão discutidos os temas de química (soluções químicas) e física (ondas eletromagnéticas), relacionando-as com o aprimoramento e desenvolvimento de obtenção de analitos em soluções de interesse. - Prévia discussão da aula prática para quantificação do $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$



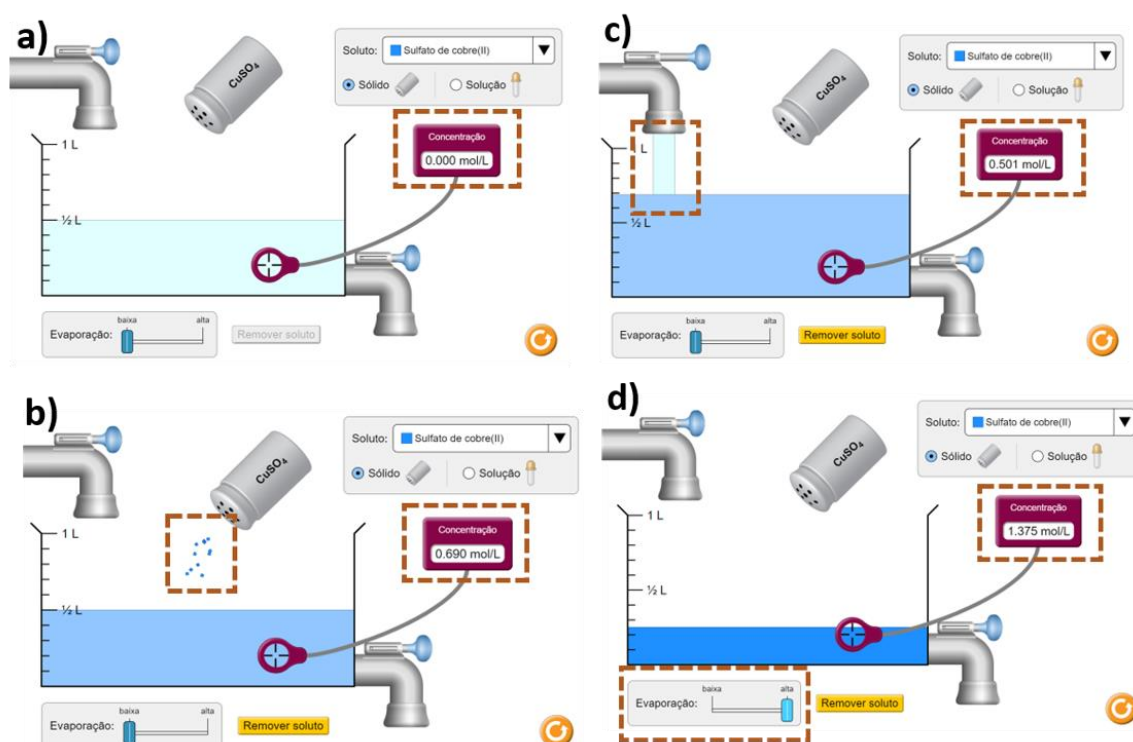
conhecimento com o discente a respeito dos temas de interesse com exemplos industriais e práticos para quantificação e análises em amostras de interesse utilizando plataforma virtual PhET.

por meio de imagens digitais.

- Utilização de simulações virtuais para aprendizagem significativa do tema de soluções (Figura 5), lei de Beer (Figura 6) e ondas eletromagnéticas (Figura 7).

Para a aula 9, serão utilizados artifícios digitais para melhor adentrar no contexto lúdico do uso de tecnologias. A utilização do site PhET (https://phet.colorado.edu/pt_BR/) possibilitará exemplificação de soluções por meio da utilização de jogos virtuais para interação do estudante com exemplos simulados. A **Figura 6** apresenta a concentração de sulfato de cobre II penta-hidratado em água. A partir desse exemplo, o estudante pode simular várias influências que a solução pode sofrer, desde a diluição, concentração, saturação, supersaturação, entre outros. No site, existem ainda outros exemplos de solutos sólidos e líquidos, além do sal de cobre usado como exemplo.

Figura 6. Solução de sulfato e cobre II em água em diferentes etapas: a) Antes da adição do soluto, concentração de $0,000 \text{ mol.L}^{-1}$ de CuSO_4 , b) após adição do soluto, $0,690 \text{ mol.L}^{-1}$ de CuSO_4 ; c) Adição de 200 mL de solvente (água, H_2O), concentração de $0,501 \text{ mol.L}^{-1}$ de CuSO_4 ; d) Aumento da evaporação (eliminação do solvente), concentração de $1,375 \text{ mol.L}^{-1}$ de CuSO_4 .

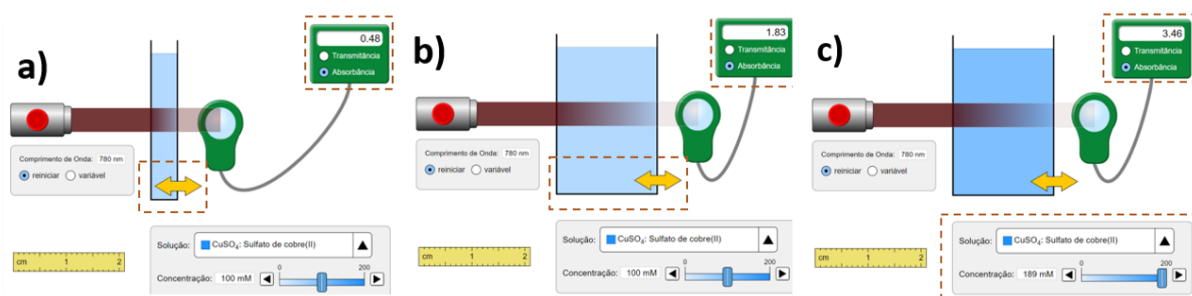


Fonte: Adaptado da plataforma virtual PhET (2022).

Para o conteúdo de física, também pode ser aplicado a plataforma PhET, **Figura 7**. A figura traz conceitos da lei de Beer muito importantes para correlação da concentração da solução com a transmitância e absorvância. Nota-se que ao aumentar o comprimento de onda, a absorvância aumenta (**Figura 8.b**). O Mesmo é válido para a concentração (**Figura 7.c**).



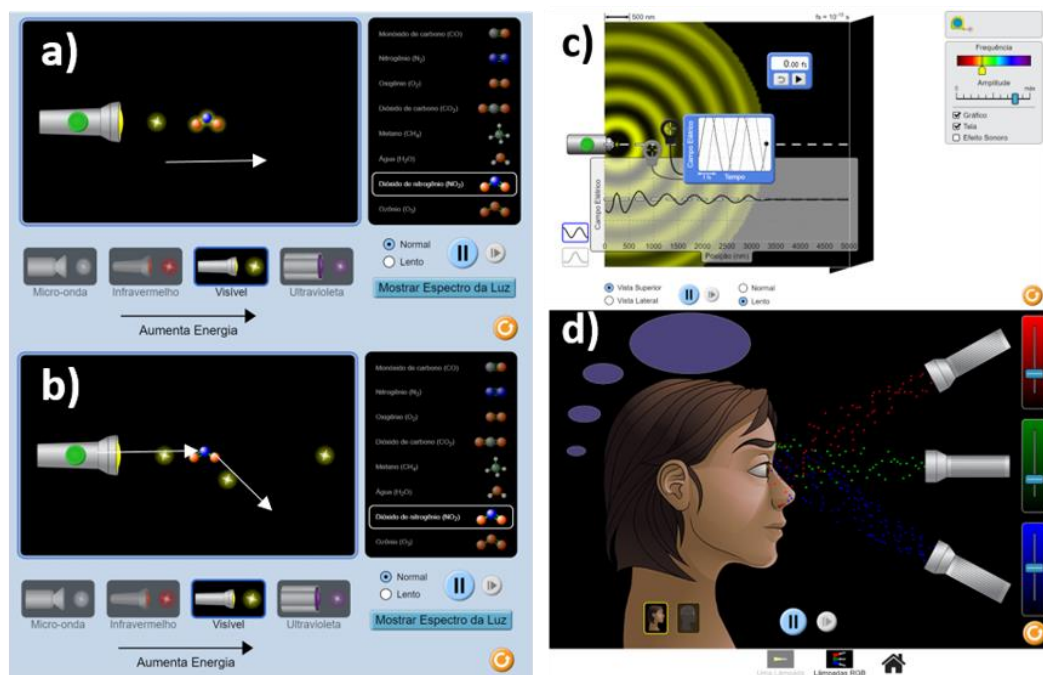
Figura 7. Solução Lei de Beer aplicada à solução de CuSO_4 .



Fonte: Adaptado da plataforma virtual PhET (2022)

Pode-se desenvolver correlação entre as moléculas químicas e a onda eletromagnética em diferentes faixas, como na faixa do visível (**Figura 8.a-b**). Para definir a interação entre matéria e energia. Além disso, pode-se simular o gráfico do espectro eletromagnético das cores na região do visível (**Figura 8.c**). Também, pode-se simular várias cores utilizando o sistema RGB (**Figura 8.d**).

Figura 8. Simulações químicas empregando o espectro eletromagnético para (a-b) correlacionar com as moléculas química, (c) observar os espectros eletromagnéticos de diferentes cores e (d) criar diferentes cores advindas do sistema RGB. (Fonte: Adaptado de PhET)



Fonte: Adaptado da plataforma virtual PhET (2022)

4.3 APLICAÇÃO DO CONHECIMENTO

As aulas experimentais 10 e 11, **Quadro 4**, serão compostas por experimentos para quantificação do sal de cobre em solução aquosa por meio do uso de imagens digitais do no aplicativo Redgim©. Como o objetivo do experimento é de cunho didático e não analítico, portanto visa-se que o estudante seja o pesquisador de centro de todo o desenvolvimento da SD. Portanto, o roteiro é livre para ser modificado e é sugerido que não seja disponibilizado ao aluno. O professor terá o papel de mediador do conhecimento e ajudará na construção do



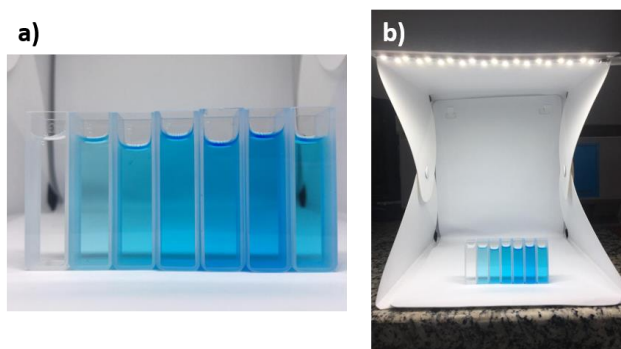
melhor roteiro em conjunto com os estudantes. Todos os reagentes necessários para a execução dos experimentos são de fácil acesso e podem ser trazidos pelos próprios alunos. O sulfato de cobre II penta-hidratado é utilizado em piscinas para eliminação de microrganismos e pode ser encontrado facilmente no mercado. As vidrarias utilizadas podem ser substituídas por recipientes alternativos. As cubetas de quartzo podem ser substituídas formas de gelo. O balão volumétrico pode ser substituído por copo medidor graduado.

Quadro 4. Descrição da etapa de organização do conhecimento das aulas experimentais

Aula	Objetivos específicos	Objetivos do conhecimento	Dinâmicas
10-11	<ul style="list-style-type: none"> • Introdução ao uso do aplicativo no modo colorimétrico; • Realização dos experimentos para quantificação de cobre em solução aquosa; • Relacionar os experimentos com os conteúdos previamente abordados nas aulas expositivas anteriores sobre soluções químicas, ondas eletromagnéticas e colorimetria. 	<p>Compartilhar os conhecimentos a respeito das propriedades de preparo das soluções químicas e diluição. Também de maneira física em se perceber a correlação entre a onda eletromagnética, a resposta química obtida e o método colorimétrico. Assim, visa o aprimoramento e desenvolvimento de obtenção e quantificação de analitos.</p>	<p>Aula experimental de realização do experimento de quantificação de $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ por colorimetria aplicado ao aplicativo de processamento de imagens digitais Redgim©.</p> <p>Discussão do roteiro aberto da prática experimental.</p>

O experimento proposto deve ser realizado pela preparação de uma solução aquosa estoque de sulfato de cobre II seguida de diluição. A partir das concentrações propostas, teremos as cubetas de quartzo ou os recipientes de vidro transparentes preenchidos com cada uma das concentrações de acordo com o teste realizado, **Figura 9.a**. Nota-se que à medida em que a concentração aumenta, a coloração altera para azul mais escuro, como mostrado na **Figura 9.a**. Isso porque a concentração é diretamente proporcional à absorção de luz, pela lei de Beer. Também, para exemplificação, utilizou-se um mini estúdio para minimizar qualquer tipo de variação de luz externa, **Figura 9.b**. A partir da concentração da luz em uma direção, preparou-se o celular para fotografar as cubetas e iniciar o processo colorimétrico de quantificação.

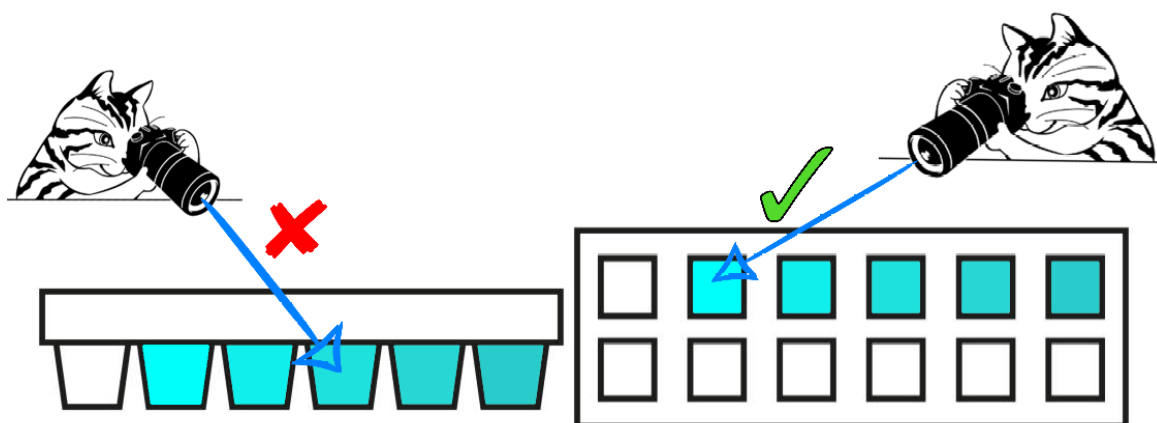
Figura 9. Diferentes concentrações de solução de CuSO_4 II em água com as (a) cubetas preenchidas e (b) Estúdio montado para fotografar as soluções.





As cubetas de quartzo podem ser substituídas por formas de gelos e as imagens das soluções devem ser fotografadas uma a uma e na parte superior da forma para que não haja interferência com a parede da forma, vide **Figura 10**. O primeiro espaço da forma será ocupado pelo branco (sem concentração do analito de interesse). Em seguida, o segundo espaço será ocupado pela solução de menor concentração até a de maior concentração. Por fim, serão colocadas as concentrações das amostras externas, denominadas amostras teste.

Figura 10. Representação das soluções na forma de gelo e configuração da fotografia



Fonte: Autor (2022)

A solução estoque foi preparada na concentração de $0,025 \text{ mol.L}^{-1}$. Em um balão volumétrico de 250mL, foi pesado 15,605g de sulfato de cobre II penta-hidratado. A partir dessa solução, foram construídas as demais amostras. Para a primeira concentração, o primeiro balão foi avolumado com água. Para a segunda concentração, 50 mL da solução de sulfato de cobre II foi avolumado para 250 mL. Para a terceira concentração, 100 mL da solução de sulfato de cobre II foi avolumado para 250 mL. Para a quarta concentração, 150 mL da solução de sulfato de cobre II foi avolumado para 250 mL. Para a quinta concentração, 200 mL da solução de sulfato de cobre II foi avolumado para 250 mL. Assim, as concentrações utilizadas para a construção da curva analítica foram de $0,00 \text{ mol.L}^{-1}$, $0,05 \text{ mol.L}^{-1}$, $0,15 \text{ mol.L}^{-1}$, $0,20 \text{ mol.L}^{-1}$ e $0,25 \text{ mol.L}^{-1}$. Já, para a amostra externa, que tem como objetivo verificar a aplicabilidade da curva, foi feita com concentração de $0,20 \text{ mol.L}^{-1}$. Como método alternativo, copos graduados podem ser utilizados para preparo das soluções. São necessários dois copos graduados, pois em um copo será armazenada a solução estoque. As diluições podem ser realizadas no segundo copo graduado. Após a realização da diluição para cada concentração, a alíquota será transportada para a forma de gelo para dar continuidade às diluições seguintes. A pesagem da massa inicial pode ser realizada em balanças semi-analíticas, de menor precisão de massa. Toda a diluição será realizada a partir da mesma solução estoque, assim, diminuindo possíveis interferências entre as concentrações de interesse.

Por fim, o aplicativo Redgim© foi utilizado para geração do gráfico de previstos *versus* medidos e para prever o valor de uma amostra externa, **Figura 11**. Nota-se que a amostra desconhecida externa foi construída com concentração de $0,02 \text{ mol.L}^{-1}$. Como resultado, obteve-se uma concentração de $0,197 \text{ mol.L}^{-1}$. Os erros foram baixos e o coeficiente de correlação foi alto, mostrando ser um método alternativo eficaz para quantificação de analitos por imagem. Esse experimento, somado às aulas expositivas e à utilização da plataforma PhET, traz uma ludicidade que pode ser bastante eficaz para o



discente correlacionar, de forma mais palpável, os conteúdos trazidos ao ensino de soluções e espectro eletromagnético.

Ao final da prática, deverá existir um momento de discussão entre os discentes visando comparar os resultados obtidos e verificar as diferenças e semelhanças encontradas a partir das metodologias utilizadas. Portanto, o roteiro aberto será eficiente para trazer maior liberdade e comunicação entre os estudantes do segundo ano do ensino médio. A autoavaliação também é uma metodologia para verificar se a aprendizagem foi significativa. A partir dos erros, comparar os resultados obtidos por outros grupos e correlacionar aos diferentes processos designados ao longo da prática.

Figura 11. Resultados da regressão PLS para determinar concentração de CuSO_4 em água e previsão de uma amostra de concentração de $0,02 \text{ mol.L}^{-1}$.



Fonte: Autor (2022)

4.4 SISTEMATIZAÇÃO DO CONHECIMENTO

A aplicação do conhecimento será dada em três etapas: construção de um quiz por cada grupo dividido, gincana interativa para responder os *quizzed* elaborados e questionário individual aberto e estruturado, **Quadro 5**. Os grupos farão em casa um quiz abordando o tema da sequência didática elaborada com objetivo de verificação das etapas mais importantes e captadas pelo estudante. O questionário será feito em sala e seu objetivo é verificar o aprendizado individual e comparar com o questionário respondido inicialmente. Por fim, na aula de aplicação do conhecimento será desenvolvido a gincana para responder cada quiz elaborado pelos grupos.

A gincana será realizada pelos mesmos grupos. O desenvolvimento será realizado de forma semelhante ao jogo “Show do milhão”. Haverá questões de múltipla escolha e 3 equipes (o grupo que fez o quiz será o juiz). Após a leitura de cada pergunta, cada equipe terá um tempo para responder cada pergunta: somará mais pontos quem acertar mais questões e responder em menor tempo.

Quadro 5. Descrição da etapa de aplicação do conhecimento

Aula	Objetivos específicos	Objetivos do conhecimento	Dinâmicas
------	-----------------------	---------------------------	-----------



12	Realização de um questionário, elaboração do quiz e realização da gincana a fim de realizar a associação dos conteúdos químicos e físicos abordados.	Compartilhar os conhecimentos a respeito de soluções, visando seu preparo, diluição, exemplos práticos, industriais e também sobre ondas eletromagnéticas, exemplos reais e empregos no dia a dia. Assim, visa o aprimoramento e desenvolvimento do conteúdo de maneira lúdica e empregando a correlação entre o teórico e método prático.	Sistematização e associação mediada pela aplicação de um questionário e elaboração de um quiz com 20 perguntas para cada grupo, de acordo com Anexo A.3 .
----	--	--	--

4.5. AVALIAÇÃO

Todo o processo de avaliação conceitual, procedimental e atitudinal está disposto no quadro de Avaliação, **Quadro 6**. Nele, estão contidos os parâmetros de avaliação de aprendizagem do discente com base na SD elaborada.

Os estudantes poderão ser avaliados no decorrer das aulas, de acordo com a participação e interesse nas discussões, bem como utilizando esquemas de questionários estruturados e abertos. Além disso, também poderão ser realizadas avaliações lúdicas para verificar a interação da turma e o seu verdadeiro interesse sobre o tema de estudo, como mostra o **Quadro 6**.

Quadro 6. Descrição das diversas avaliações da sequência didática.

AVALIAÇÃO	
Conceitual	<p>Aula 1 e 2: Roda de conversa sobre soluções, ondas eletromagnéticas e colorimetria.</p> <p>Aula 1 e 2: Aplicação do filme e questionário.</p> <p>Aula 3: Apresentação dos grupos sobre os temas escolhidos.</p> <p>Aula 4: Organização conceitual sobre soluções, misturas e componentes de uma solução.</p> <p>Aula 5: Organização conceitual sobre diluição e concentração.</p> <p>Aula 6: Organização conceitual sobre tipos de ondas: eletromagnética, gravitacional e mecânica.</p> <p>Aula 7: Organização conceitual sobre espectro eletromagnético e lei de Beer.</p> <p>Aula 8: Organização conceitual sobre colorimetria.</p> <p>Aula 9: Organização conceitual sobre aprimoramento e desenvolvimento prático de obtenção de quantificação de analitos por imagens digitais processadas a partir de ondas eletromagnéticas correlacionadas com a concentração do analito utilizando plataforma virtual PhET.</p> <p>Aula 10 e 11: Correlação entre a simulação e a experimentação real.</p> <p>Aula 12: Jogo, gincana e questionário.</p>
Procedimental	<p>Aula 1: Participação na roda de conversa.</p> <p>Aula 2: Participação na roda de conversa.</p> <p>Aula 3: Apresentação da pesquisa e participação em sala de aula.</p> <p>Aula 4-8: Frequência e participação em sala de aula.</p> <p>Aula 9: Frequência, participação em sala de aula e na simulação utilizando plataforma PhET.</p> <p>Aula 10-11: Participação e cumprimento da proposta do experimento.</p>



	Aula 12: Participação e cumprimento das atividades propostas.
Atitudinal	Aula 1-2: Diálogo professor/aluno.
	Aula 3: Diálogo professor/aluno e apresentação.
	Aula 4-8: Participação em sala.
	Aula 9: Participação em sala e laboratório de informática.
	Aula 10-11: Participar do experimento.
	Aula 12: Realização das atividades.

5 CONCLUSÕES

A Sequência didática foi construída como produto educacional tendo uma sequência lógica bem fundamentada e com os objetivos claros para rápida assimilação e contribuição do estudante. Ao ser utilizada com metodologias ativas pode proporcionar conhecimento concreto e investigativo. O contexto problematizado de contaminação por produtos químicos apresentado é tema de diferentes trabalhos para contextualizar o estudante com o meio ambiente e problemas atuais. Ao correlacionar o uso de aparelhos digitais dentro de sala de aula, de maneira lúdica e científica, estimula o interesse do estudante, favorecendo a criticidade, resolução de problemas e a interação social, que são objetivos centrais do novo currículo do ensino médio do governo do Espírito Santo. Com isso, a sequência didática apresentada possui grande potencial de aplicação no novo currículo do ensino médio. Espera-se que possa contribuir com o ensino dos estudantes do segundo ano e seja de grande auxílio para uso dos professores no ensino de física e química com o tema de soluções e espectro eletromagnético.

REFERÊNCIAS

- ANVISA – Agência Nacional De Vigilância Sanitária; UFPR. **Seminário Mercado De Agrotóxico E Regulação**, 2012. Brasília: Anvisa. Acesso em: 28 jun. 2022.
- FERRARI, R. A.; COLUSSI F.; AYUB R. A.; et al. Uso de agrotóxicos no Brasil e problemas para a saúde pública Pesticide use in Brazil and problems for public health Uso de pesticidas en Brasil y los problemas para la salud pública. **Ciência e Agrotecnologia**. 2014;10(1):101-102.
<https://revista.francomontoro.com.br/intercenciaesociedade/article/view/57/50>.
- Associação Brasileira de Saúde Coletiva. Dossiê ABRASCO: um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde. Rio de Janeiro: **Associação Brasileira de Saúde Coletiva**; 2012.
- BERGUER, FILHO R. L.; PEREIRA A. R. S.; MAIA E. M. **Parametros Curriculares Nacionais do ensino médio-Parte 1- Bases legais**. Secr da Educ. 1998:1-110.
- BÖCK, F. C.; HELFER, G. A.; COSTA, A. B. D. A.; DESSUY, M. B.; FERRÃO, M. F. PhotoMetrix and colorimetric image analysis using smartphones. **Journal of Chemometrics**, 2020; 34(12):1–19.
- BRERETON, R. G. **Chemometrics: Data Analysis for the Laboratory and Chemical Plant**. Ltd, John Wiley & Sons; 2003.
- CENTNER, V.; DE NOORD, O. E.; MASSART, D. L. Detection of nonlinearity in multivariate calibration. **Anal Chim Acta**. 1998;376(2):153-168. doi:10.1016/S0003-2670(98)00543-1



CARNEIRO, F. F.; AUGUSTO, L. G. S.; RIGOTTO, R. M.; FRIEDRICH, K.; BÚRGIO, A.C. **ABRASCO: um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde**. Rio de Janeiro: EPSJV; São Paulo: Expressão Popu 2015. Dos Agrotóxicos Na Saúde. Vol 161.; 2018.

COMARÚ, M. W.; KAUARK, F. S.; GONÇALVES, N. T. L. P. **Ensinando a Ensinar Ciências: Discutindo Práticas Inclusivas**. Vol 59. 2nd ed. (Acadêmico E, ed.). Vitória; 2022.

COMPIANI, M. Comparações entre a BNCC atual e a versão da consulta ampla, item ciências da natureza. **Ciência em Foco**. 2018; 11(1), 91-106.

Concentração. Phet, interactive simulations. Disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/concentration. Acesso em: 8 de ago. de 2022.

CHO, Y., AHMED, A., ISLAM, A., KIM, S. Developments In FT-ICR MS Instrumentation, Ionization Techniques, And Data Interpretation Methods For Petroleomics. **Mass Spectrom Rev**. 2014;32(2):248-263. doi:10.1002/mas.21438

DEWEY, J. **Vida e Educação**. 1959. São Paulo: Nacional.

ESPÍRITO SANTO (Estado). **Currículo do Espírito Santo**. Área de Concentração: Ciências da Natureza. Componente Curricular: Ciências. Secretaria de Estado da Educação (SEDU). Volume 01, Vitória: SEDU, 2009. Disponível em: https://sedu.es.gov.br/Media/sedu/pdf%20e%20Arquivos/Curriculo_ES_Ciencias_Natureza.pdf. Acesso em: 01 de Setembro de 2022.

FERNANDES, C. S.; MARQUES, C. A.; DELIZOICOV, D. Contextualização na formação inicial de professores de ciências e a perspectiva educacional de Paulo Freire. **Revista Ensaio**. 2016;18(2):9-28.

FILGUEIRAS, P. R.; SAD, C. M. S.; LOUREIRO, A. R.; et al. Determination of API gravity, kinematic viscosity and water content in petroleum by ATR-FTIR spectroscopy and multivariate calibration. **Fuel**. 2014;116:123-130. doi:10.1016/j.fuel.2013.07.122

FREIRE, P. **Pedagogia da Autonomia**. 2009. São Paulo: Paz e Terra, 36.

GARCIA, S. D.; DE LARA, T. I. D. C.; **O impacto do uso dos agrotóxicos na saúde pública: revisão de literatura**. **Saúde e Desenvolv Hum**. 2020;8(1):85. doi:10.18316/sdh.v8i1.6087

HASTINGS, G. D.; RUBIN, A. Colour spaces - a review of historic and modern colour models. **South African Optometrist**. 2012;71(3):1-11. doi: 10.4102/aveh.v71i3.76

HELPER, G. A.; MAGNUS, V. S.; BÖCK, F. C.; TEICHMANN, A.; FERRÃO, M. F.; COSTA, A. B. PhotoMetrix: An Application for Univariate Calibration and Principal Components Analysis Using Colorimetry on Mobile Devices. **J. Braz. Chem. Soc**. 2017; 28(2);328-335.

HARRIS, D. C. **Análise Química Quantitativa** 9ª ed. (ed. Lucy, C. A., Afonso, J. C. & Barcia, O. E.) 792 (W. H. Freeman, Rio de Janeiro, 2017).

HASSAN, S.; SHAIKH, M. U.; ALI, N.; RIAZ, M. Copper sulphate toxicity in a young male complicated by methemoglobinemia, rhabdomyolysis and renal failure. **J Coll Physicians Surg Pakistan**. 2010;20(7):490-491.

Interferência de Onda. Phet, interactive simulations. Disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/wave-interference. Acesso em: 8 de ago. de 2022.



Kit Lei de Beer. Phet, interactive simulations. Disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/beers-law-lab. Acesso em: 8 de ago. de 2022.

KOBASHIGAWA, A. H.; ATHAYDE, B. A. C.; MATOS, K. F. de O.; CAMELO, M. H.; FALCONI, S. Estação ciência: formação de educadores para o ensino de ciências nas séries iniciais do ensino fundamental. **In: IV Seminário Nacional ABC na Educação Científica.** São Paulo, 2008. p. 212-217.

LAURÉN, D. J.; MCDONALD, D. G.; Influence of water hardness, pH and alkalinity on the mechanisms of copper toxicity in juvenile rainbow trout, *Salmo gairdneri*. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, 1986;43(8):1488-1496.

LEÃO, M. F.; OLIVEIRA, E. C.; DEL PINO, J. C.; MACEDO, D. A. O filme como estratégia de ensino para promover os estudos de Química Analítica e a Investigação Científica. **Revista Destaques Acadêmicos**, 2013;5(4):95-103.

LEITE, C.; BRETONES, O. S.; LANGHI, R.; BISH, S. M. O ensino de astronomia no Brasil colonial, os programas do Colégio Pedro II, os Parâmetros Curriculares Nacionais e a formação de professores. **História da Astronomia no Brasil**. 2003; 1; 546-586.

LOPES, C. V. A.; ALBUQUERQUE, G. S. C. Agrotóxicos e seus impactos na saúde humana e ambiental: uma revisão sistemática. **Saúde em Debate**. 2018;42(117):518-534. doi:10.1590/0103-1104201811714

LOPES, R. M.; FILHO, M. V. S.; MARSDEN, M.; ALVES, N. G. Aprendizagem baseada em problemas: uma experiência no ensino de química toxicológica. **Química Nova**. 2011;34(7):1275-1280.

MASON, A. Z.; JENKINS, K. D. **Metal detoxification in aquatic organisms**. In: TESSIER, A.; TURNER, D. R. Metal speciation and bioavailability in aquatic systems. London: John Wiley, 1995:479- 608.

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Ato no 82, de 25 de novembro de 2019. Diário Oficial da União 2019; 27 nov.

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Ato no 91, de 26 de dezembro de 2019. Diário Oficial da União 2019; 27 dez.

Moléculas e Luz. Phet, interactive simulations. Disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/molecules-and-light. Acesso em: 8 de ago. de 2022.

MOREIRA, J. R.; SILVA, A. L. S.; MOURA, P. R. G.; DEL PINO, J. C. Potencialidade de um plano de ensino pautado na atividade experimental problematizada (AEP) à alfabetização científica em química. **Revista Experiências em Ensino de Ciências**. 2019;14(2):558-581.

NICHELE, A. G.; SCHLEMMER, E. Aplicativos para o ensino e aprendizagem de química. **Novas Tecnologias na Educação – CINTED**. 2014;12(2):1-9.

PASQUINI, C.; BUEN, O. A. F. Characterization of petroleum using near-infrared spectroscopy: Quantitative modeling for the true boiling point curve and specific gravity. **Fuel**. 2007;86(12-13):1927-1934. doi:10.1016/j.fuel.2006.12.026

ROSA, T. R.; SIQUEIRA, B. M. M.; COSTA, R. A.; REIS, J. Z.; PACHECO, W. L. S.; MOURA, P. R. G.; ROMÃO, W.; FILGUEIRAS, P. R. Redgim Como Aplicativo De Smartphone Para Aplicações Quimiométricas Por Meio De Análise De Imagens: Um Uso Em PLS. **Quim. Nova**, 2022;45(5), 550-559.



- ROGERS, C. **Liberdade para Aprender**. 1973. Belo Horizonte: Ed. Interlivros.
- SANTOS, G. A. L. C.; REZENDE FILHO, L. A. C.; MELLO, R. V. M. Reendereço do filme Erin Brockovich no ensino de Química: intertextualidades em uma perspectiva socioambiental. **Ensino, Saúde e Ambiente**. 2020;(2);199-215.
- SILVA, A. L. S.; MOURA, P. R. G.; DEL, PINO, J. C. Atividade experimental problematizada (AEP) à alfabetização científica em química. **Revista Experiências em Ensino de Ciências**. 2017;12(1):177-195.
- SILVA, B. G.; KLITZKE, R. C.; et al. Assessing biodegradation in the llanos orientales crude oils by electrospray ionization ultrahigh resolution and accuracy fourier transform mass spectrometry and chemometric analysis. **Energy and Fuels**. 2013;27(3):1277-1284. doi:10.1021/ef301766r
- SIQUEIRA, B. M. M.; TAKAHASHI, P. M.; SILVA, A. L. S.; FILGEIRAS P. R.; MOURA P. R. G. Ensino de Química e Atividade Experimental Problematizada (AEP) com vistas à Inclusão Digital: Análise por Imagens Digitais via Análise Multivariada De Dados no Contexto da Formação de Professores de Química. Em: **Ensinando a ensinar ciências. Discutindo Práticas inclusivas**. 2022;2:88-103.
- SKOOG, D. A.; WEST, D. M.; HOLLER, F. J.; COUCH S. **Fundamentos de Química Analítica**, Editora Thomson, tradução da 8ª edição 8ª ed. (ed. Thomson, E.) 1050 (Cengage Learning., São Paulo, 2006).
- TAKEDA, T.; YUKIOKA, T.; SHIMAZAKI, S. Cupric sulfate intoxication with rhabdomyolysis, treated with chelating agents and blood purification. **Intern Med**. 2000;39(3):253-255. doi:10.2169/internalmedicine.39.253
- TERRA, L. A.; FILGUEIRAS, P. R.; PEREIRA, R. C. L.; et al. Prediction of total acid number in distillation cuts of Crude Oil by ESI(-) FT-ICR MS Coupled with Chemometric Tools. **J Braz Chem Soc**. 2017;28(9):1822-1829. doi:10.21577/0103-5053.20170073
- TUNDO, P., ANASTAS, P., BLACK, D. S.; et al. Synthetic pathways and processes in green chemistry. Introductory overview. **Pure Appl Chem**. 2000;72(7):1207-1228. doi:http://dx.doi.org/10.1351/pac200072071207
- Visão de Cor**. Phet, interactive simulations. Disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/color-vision. Acesso em: 8 de ago. de 2022.
- WOLD, S.; SJÖSTRÖM, M. Chemometrics, present and future success. **Chemom Intell Lab Syst**. 1998;44(1-2):3-14. doi:10.1016/S0169-7439(98)00075-6

Anexos

Anexo A.1. Quadro de Questões:

- 1) O que é uma solução?
- 2) O que é uma mistura?
- 3) A água da torneira filtrada é uma solução?
- 4) A mistura de óleo em água é uma solução?
- 5) Toda mistura é uma solução?
- 6) O que acontece com a cor do suco se adicionarmos mais água?
- 7) Por que a cor do suco muda ao adicionar mais água?
- 8) O que acontece com a uma solução de água e sal se deixada no ambiente por 2 meses?
- 9) O que é diluição?
- 10) O que é uma solução concentrada?

Anexo A.2. Quadro de Questões:

- 1) O que é uma onda?
- 2) Quais tipos de ondas existem?
- 3) O que é uma onda eletromagnética?
- 4) O que é um espectro eletromagnético?
- 5) O que você conhece algum objeto ou elemento que pode emitir ondas?
- 6) O sol emite ondas? Quais?
- 7) Os filtros solares nos protegem de qual tipo de onda eletromagnética? Por quê?
- 8) Você acha que podemos enxergar todas as cores? Por quê?
- 9) Você sabe como são formadas as imagens digitais?
- 10) Você sabia que as imagens digitais podem nos trazer informações sobre a composição das substâncias?

Anexo A.3. Questões abertas e fechadas desenvolvias para cada grupo.

A) Questões para questionário aberto:

- 1) É possível concentrar uma solução? Como
- 2) É possível diluir uma solução? Como?
- 3) É possível quantificar um analito de maneira rápida e simples?
- 4) O que é colorimetria?
- 5) O que é uma solução super saturada?



- 6) Qual a relação entre a luz e a cor que vemos?
- 7) Qual a relação entre a concentração e a cor?
- 8) Diga 4 exemplos de soluções que você presencia em seu dia a dia.
- 9) Qual a diferença entre mistura heterogênea e homogênea?
- 10) O que é uma diluição?
- 11) Diga exemplos de diluição realizados em seu cotidiano.
- 12) Qual a diferença entre soluções insaturada, saturada e supersaturada.
- 13) Diga exemplos de soluções insaturadas.
- 14) Diga exemplos de soluções saturadas.
- 15) Diga exemplos de soluções supersaturadas.

B) Questões para questionário estruturado:

1) Sobre as sentenças a seguir, diga se é verdadeira ou falsa:

- () Solução é composta por mistura de 2 ou mais substâncias.
- () Soluções podem ser homogêneas ou heterogêneas.
- () Soluções podem apresentar no estado físico sólido, líquido ou gasoso.

a) V,F,V

b) F,V,F

c) V,V,V

d) F,F,F

e) F,F,V

2) Diga sobre a veracidade das sentenças a seguir:

- I. Soluto é toda partícula sólida;
- II. Solvente é toda partícula líquida;
- III. O soluto pode estar em maior concentração que o solvente;
- IV. A solução deve apresentar soluto e solvente;

a) Apenas a afirmativa IV é verdadeira;

b) Apenas as afirmativas I e II são verdadeiras;

c) Nenhuma afirmativa é verdadeira;

d) As afirmativas I, II e III são verdadeiras;

e) Apenas as afirmativas III e IV são verdadeiras;

3) Marque a alternativa correta:

a) O latão é uma solução sólida formado por uma mistura de cobre e zinco

b) Soluções saturadas apresentam a quantidade de soluto em valores menores que o



coeficiente de solubilidade.

c) A variação da temperatura, pressão e volume sempre alteram a solubilidade das soluções.

d) O etanol pode ser separado do álcool hidratado por destilação simples.

e) A solubilidade de qualquer substância química, em água, aumenta com o aumento da temperatura.

4) A principal característica de uma solução é:

a) **Solução sempre uma mistura homogênea.**

b) Solução sempre apresenta um líquido com outra substância dissolvida. S

c) Solução é um sistema com mais de uma fase.

d) Solução é homogênea ou heterogênea, dependendo das condições de pressão e temperatura.

e) Solução é uma substância pura em um único estado físico.

5) Assinale a alternativa que contém exemplos de soluções:

a) Água de torneira, mar, granito.

b) Granito, mistura de água e óleo, ar.

c) Petróleo no mar, granito, água destilada.

d) Água pura, gás nitrogênio, ouro puro.

e) **Ar, água de torneira, ouro 18 quilates.**

6) Complete as lacunas da frase a seguir com os valores corretos:

“Uma solução que apresenta concentração de 50 g/L contém _____ de soluto, por _____ da solução. Portanto, em 100 litros dessa solução devem existir _____ de soluto.”

a) 50 quilogramas / 1 litro / 5.000 quilogramas

b) **50 gramas / 1 litro / 5.000 gramas**

c) 50 litros / 1 grama / 5.000 litros

d) 50 quilogramas / 1 mililitro / 500 quilogramas

e) 50 gramas / 10 litros / 500 gramas;

7) 100 g de hidróxido de sódio (NaOH) foram adicionados a um recipiente e avolumado com 100 mL de água. Qual o volume de água necessário para que a nova concentração seja de 10 mol.L⁻¹?. Dados: Na = 23 g.mol⁻¹; O = 16 g.mol⁻¹; H = 1 g.mol⁻¹.

a) 50 mL

b) 100 mL



c) 150 mL

d) 200 mL

e) 250 mL

8) Um técnico de laboratório em química precisou misturar 170,0 mL de hidróxido de potássio (KOH) a uma concentração de 3,50 mol.L⁻¹ com 55,0 mL de outra solução de KOH a uma concentração de 1,30 mol.L⁻¹. Indique a concentração resultante em g.L⁻¹. Justifique com os cálculos. Dados: K = 39 g.mol⁻¹; O = 16 g.mol⁻¹; H = 1 g.mol⁻¹.

a) 140 g.L⁻¹

b) 156 g.L⁻¹

c) 160 g.L⁻¹

d) 166 g.L⁻¹

e) 170 g.L⁻¹

9) A luz é uma onda _____ que, ao passar por um objeto, parte dela é absorvida e parte transmitida. Quando mais concentrado for a solução, mais _____ a luz será e menos _____. Ou seja, a _____ luz é _____ proporcional à concentração do analito.

a) eletromagnética; absorvida; refletida; absorbância; diretamente;

b) eletromagnética; refletida; absorvida; transmitância; diretamente;

c) eletromagnética; absorvida; refletida; absorbância; inversamente;

d) mecânica; refletida; absorvida; transmitância; inversamente;

e) mecânica; refletida; absorvida; transmitância; diretamente;