

# Uma Proposta de Ensino de Equilíbrio Químico através de Videoaula Utilizando uma Ferramenta de Aplicação Cotidiana

## *A Proposal for Teaching Chemical Equilibrium through Video Lesson Using a Tool of Daily Application*

Éder Barros de Almeida,<sup>a</sup> Roseli Martins de Souza,<sup>a</sup> Simone Pereira da Silva Ribeiro<sup>a,\*</sup> 

<sup>a</sup>Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Química, Cidade Universitária, CT, Bloco A, CEP 21941-909, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional (PROFQUI)

\*E-mail: [spsilva@iq.ufrj.br](mailto:spsilva@iq.ufrj.br)

**Recebido:** 28 de Março de 2021

**Aceito:** 28 de Março de 2021

**Publicado online:** 24 de Maio de 2021

The disinterest of high school students in subjects in the group of Natural Sciences, such as Chemistry, has attracted the attention of several researchers. Thus, making chemistry classes interesting for high school students has been a constant challenge for teachers. The precariousness of working conditions, in many cases, as well as the excessive theorizing of the contents can be pointed out as factors of this lack of interest. In this scenario, video lessons can be powerful tools for a better consolidation of the concepts learned. PowerPoint®, an application present in most computers and widely used in the presentation of slides in classes and lectures, is an interesting tool for the elaboration of video lessons, although it is still very little explored for this purpose. Through the PowerPoint® with the aid of an image and audio capture device, such as a cell phone, it is possible to edit classes, where the student can watch on home computers or cell phones. To illustrate the use of this important tool, a video lesson on the Displacement of the Chemical Equilibrium was developed and applied, with theory, exercises and demonstration of experiments that emphasize the applications of the Le Chatelier Principle to a class of 3rd year of High School, from Colégio Pedro II, Campus São Cristóvão III and other from Colégio Militar RJ. This video class can be applied in different moments of the school routine, such as support classes, recovery, revision, or even laboratory activities, depending on the institution's difficulties. It was possible to observe that there was a greater understanding of the concepts related to the theme in question by the students after the application of the proposed video lesson.

**Keywords:** Chemical equilibrium; PowerPoint®; video lessons; high school

## 1. Introdução

A falta de demonstrações laboratoriais, e, também, do uso de recursos tecnológicos, levando as aulas a um cansativo processo de memorização de regras e fórmulas, pode apontar para um crescente desinteresse dos alunos de Ensino Médio em relação ao ensino de Química. A insistência do uso de elementos abstratos pode tornar as aulas enfadonhas, diminuindo o interesse dos alunos. Por outro lado, a evolução tecnológica está presente cada vez mais no cotidiano dos alunos, sendo assim o professor pode aproximar essa linguagem, que é simpática ao aluno, aos conteúdos de aprendizagem, tendo o papel de mediador desse processo. O uso desses recursos deve estar apoiado dentro da realidade do aluno e perseverar na formação de cidadãos conscientes.<sup>1</sup> Contudo, deve-se ter o cuidado em não subordinar totalmente o processo de ensino-aprendizagem aos recursos tecnológicos, transformando o professor em um gestor da tecnologia empregada em sala de aula, trazendo sérios prejuízos a esse processo.<sup>2,3</sup>

Um dos recursos tecnológicos com boa aceitação dos alunos em sala de aula é o vídeo. Ele pode ser usado através de filmes, documentários ou videoaulas, onde a imagem passa a ter um papel muito destacado nas aulas em relação à linguagem verbal usada tradicionalmente pelo professor. A prática do uso de vídeo como recurso pedagógico vinculando a imagem à linguagem verbal favorece o processo de ensino-aprendizagem.<sup>4,5</sup> O vídeo traz uma forma multilinguística, predominantemente audiovisual, apoiada no discurso verbal-escrito. Desta forma, o vídeo, que possui esta união de linguagens falada, escrita e até musical é capaz de despertar interesse, informar e entreter, e, por isso, é uma ferramenta útil no processo de aprendizagem.<sup>6,7</sup> Assim, em um cenário onde os recursos tecnológicos se popularizam, a sua utilização pode ser um grande aliado do professor, funcionando como qualificador dos métodos de aprendizagem.<sup>1</sup>

Encontrar a fórmula exata para se atingir um ensino de qualidade não é uma tarefa fácil, porém cabe aos educadores utilizar recursos que ativem a capacidade dos alunos, para que eles descubram um modo mais simples e eficiente de aprender. É também importante a

presença de elementos e atividades lúdicas, alimentando os elementos sensoriais de satisfação e prazer.<sup>8</sup> Neste sentido, as videoaulas podem ser ferramentas úteis nesse processo. E para um maior engajamento desta prática, é importante que sejam utilizados *softwares* de uso cotidiano como o PowerPoint®, por exemplo. Este programa do pacote do Office do Windows é muito utilizado em apresentações, tendo recursos do uso de imagens, sons, textos e vídeos que podem ser animados de diferentes maneiras. Entretanto, apesar do uso consagrado do PowerPoint® para a elaboração de slides, ainda é muito pouco conhecido o seu uso para a elaboração de videoaulas, que são capazes de despertar o interesse dos alunos sendo, portanto, uma ferramenta útil no processo de ensino-aprendizagem.

Por outro lado, os alunos do Ensino Médio têm grande dificuldade em assimilar os conceitos de Equilíbrio Químico em virtude da sua natureza abstrata.<sup>9</sup> A grande quantidade de conceitos relacionados ao tema, as analogias usadas em sua didática, a excessiva memorização de regras e a incorreta aplicação do Princípio de Le Chatelier podem explicar as dificuldades relacionadas ao processo de ensino e aprendizagem do conceito de Equilíbrio Químico.<sup>10,11</sup> Assim, o uso de demonstrações experimentais pode favorecer o processo de ensino-aprendizagem especialmente em relação ao Princípio de Le Chatelier.

Este trabalho tem o objetivo de abordar o tema Deslocamento de Equilíbrio Químico (Princípio de Le Chatelier), através de uma videoaula usando o PowerPoint® como aplicativo para a sua produção. A videoaula proposta neste trabalho contém demonstrações experimentais, conceitos teóricos, além de exercícios de fixação. Assim, pretende-se apresentar através do recurso da videoaula a possibilidade da aplicação de um conteúdo abordado em oportunidades como aula de apoio, aula remota, que está tão presente devido à pandemia por Covid-19, ou até mesmo para demonstrações experimentais em instituições que não dispõem de laboratório de Química. Vale ressaltar, que não foram encontrados na literatura trabalhos que abordem o ensino do conceito de Deslocamento do Equilíbrio Químico usando uma videoaula que apresenta os conceitos teóricos envolvidos, apropriando-se dos recursos de animação do PowerPoint®, e nem tampouco com a apresentação de experimentos práticos realizados em laboratório em uma mesma videoaula elaborada através do PowerPoint®.

### 1.1. O uso da ferramenta do PowerPoint® no ensino

Atualmente, o Microsoft PowerPoint®, ou PowerPoint®, é um aplicativo presente na maioria dos computadores. Esse aplicativo, passou a fazer parte do Pacote Office para comercialização em 1989, desde então, tem sido uma ferramenta importante na educação, quando os recursos tecnológicos, principalmente o uso de computadores e projetores eletrônicos de imagens passaram a fazer parte da rotina de muitas escolas.<sup>12-14</sup> Lopes e Chaves<sup>15</sup> afirmam que mesmo com o surgimento gradativo de aplicativos

modernos, o PowerPoint®, ainda é apontado como um grande recurso de aprendizagem, principalmente nas escolas públicas, que geralmente, apresentam dificuldades de acompanhar o processo de atualização dos recursos tecnológicos. As versões mais atualizadas do aplicativo PowerPoint®, contém diversas ferramentas de animação, o que possibilita a criação e a edição de vídeos, e consequente gravação de videoaulas, transformando-o num valioso material de estudo, além de aumentar a qualidade visual no processo de aprendizagem.<sup>16</sup> Ainda assim, existem poucos trabalhos que relatam o impacto do uso do PowerPoint® na aprendizagem e atitudes dos discentes.<sup>17</sup> E mesmo com o uso crescente do PowerPoint® como ferramenta mediadora no ensino, há também poucos estudos que abordem este tema no Brasil.<sup>18</sup> Por outro lado, Moreno e Heidelmann<sup>19</sup> descrevem a utilização dos diversos tipos de aplicativos que servem de recursos para se desenvolver o aprendizado de Química no Ensino Médio. Os autores citam diversos recursos de áudio e vídeo, descrevendo detalhes das ferramentas disponíveis em cada um deles, e ressaltam a importância dos recursos tecnológicos no ensino de Química e a sua contribuição para o processo de transformação na forma de abordagem.

Panucci-Filho *et al.*<sup>18</sup> destacaram as vantagens do uso do PowerPoint® num contexto histórico da substituição do uso da lousa e retroprojetor pelos slides. Os autores afirmaram que o uso de slides produzidos a partir do PowerPoint® facilita o processo de aprendizagem, mas também apontaram a dificuldade no domínio das ferramentas do aplicativo por parte de alguns docentes.

### 1.2. Deslocamento do equilíbrio químico, princípio de Le Chatelier

Em 1884, o químico francês Henry Le Chatelier, sugeriu um princípio com aplicação para sistemas que se encontram em condições de equilíbrio. “Um sistema em equilíbrio tende a permanecer dessa forma desde que ele não sofra uma ação perturbadora. Caso isso ocorra, ele se modificará, se deslocando num sentido que possa contrabalancear essa ação provocada”.<sup>20-22</sup>

Nesse trabalho aplicou-se o Princípio de Le Chatelier apenas para transformações em que se verifica a alteração de espécies químicas envolvidas, transformações ou reações químicas reversíveis, que podem ter seu equilíbrio deslocado quando é alterada a pressão total sobre o sistema, a temperatura ou a concentração de um dos componentes participantes.

As reações químicas reversíveis apresentam uma determinada Constante de Equilíbrio. O valor numérico dessa constante não sofre qualquer alteração quando o equilíbrio é deslocado pela variação da pressão total ou da concentração de um componente.<sup>21</sup> Além disso, as reações químicas reversíveis, em equilíbrio, que apresentam espécies na forma de íons, principalmente em meio aquoso, se comportam conforme o Princípio de Le Chatelier quando a concentração de uma espécie presente é alterada.<sup>20</sup> Assim,

o efeito do Íon Comum e o Efeito do Íon Não Comum, pode ser evidenciado em casos de reações que envolvam a formação de espécies que apresentam soluções aquosas coloridas, ou quando ocorre a formação de produtos levemente solúveis, comumente chamados de insolúveis em água, ou seja, precipitados.

## 2. Metodologia

Para a produção e edição da videoaula foi utilizado um computador modelo Lenovo-330 com o Windows 10 e com o pacote da Microsoft Office 365 contendo o aplicativo PowerPoint®, equipado com câmera e microfone e um aparelho celular Samsung modelo A30. Porém, qualquer outro aparelho celular que contenha uma câmera pode ser utilizado para a filmagem dos experimentos.

É importante ressaltar que considerando que um dos objetivos deste trabalho foi mostrar que uma videoaula produzida através do PowerPoint® pode ser uma ferramenta útil para o processo de ensino aprendizagem e que pode ser popularizada, uma vez que este programa tem grande abrangência entre os docentes, especialmente na produção de slides, optou-se por não editar nem a filmagem dos experimentos, feita pelo aparelho celular, nem a captação do áudio feita pelo computador Lenovo-330 usando o PowerPoint® do pacote Office 365 para a narração dos slides.

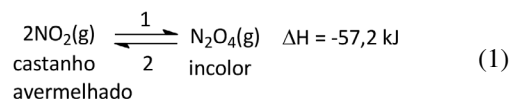
O espaço utilizado para a realização das demonstrações práticas foi o Laboratório de Graduação de Química Analítica do Instituto de Química (IQ) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). A videoaula, de duração de 34 minutos, foi aplicada em uma aula presencial de 90 minutos para 22 alunos da terceira série do Ensino Médio do Colégio Pedro II, Campus São Cristóvão III, no dia 6 de novembro de 2019. Além da apresentação da videoaula, os alunos receberam uma ficha avaliativa para o registro de pontos positivos e negativos da videoaula apresentada e um caderno contendo duas questões do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), questão 01 (ENEM/2015) e questão 02 (ENEM/2011) sobre o tema, para serem respondidas após a apresentação da videoaula. A data escolhida para aplicação dessa aula considerou a proximidade da realização das provas do ENEM, cujo segundo dia era 13 de novembro de 2019, e nele seriam cobradas questões de Química. Assim, esta videoaula teve a intenção de reforçar os conceitos de Equilíbrio Químico previamente aprendidos, através da exposição da teoria e da demonstração experimental apresentadas na videoaula com aplicação para o ENEM. Este mesmo procedimento foi realizado no dia 23 de outubro de 2020 em duas turmas de 3º ano do Colégio Militar do Rio de Janeiro. Cada turma tinha dez alunos presentes devido às medidas protocolares de prevenção à pandemia de Covid-19, e, portanto, 20 alunos foram submetidos a esta metodologia no Colégio Militar do RJ.

Foram feitas três demonstrações experimentais que visavam avaliar: a influência da temperatura no deslocamento do equilíbrio químico na reação reversível

de transformação do dióxido de nitrogênio ( $\text{NO}_2$ ) em tetróxido de dinitrogênio ( $\text{N}_2\text{O}_4$ ) em fase gasosa; o efeito do Íon comum e não comum na reação química reversível de transformação do íon dicromato ( $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ) em cromato ( $\text{CrO}_4^{2-}$ ) em solução aquosa; e o efeito do íon não Comum na reação química de transformação do precipitado de cromato de prata ( $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$ ), em cloreto de prata ( $\text{AgCl}$ ). Em cada demonstração experimental era abordada a teoria correspondente para um maior reforço da revisão do respectivo conceito discutido.

### 2.1. Estudo dos parâmetros que afetam o equilíbrio químico: temperatura e concentração (efeito do íon comum e não comum)

A influência da temperatura sobre o equilíbrio foi estudada através da reação reversível do dióxido de nitrogênio ( $\text{NO}_2$ ) em tetróxido de dinitrogênio ( $\text{N}_2\text{O}_4$ ) em fase gasosa. Esta transformação é um excelente exemplo para demonstração laboratorial da influência da temperatura no deslocamento do Equilíbrio Químico, pois é possível observar, no recipiente, a transformação do  $\text{NO}_2$ , um gás de coloração castanho avermelhado em  $\text{N}_2\text{O}_4$ , um gás incolor, conforme a Equação 1.



Trata-se de uma reação exotérmica no seu sentido direto. Sendo assim, quando um recipiente contendo essa mistura gasosa é colocado em um banho de água quente, aumentando a temperatura, favorece-se o sentido em que a reação é endotérmica. Desta forma, haverá um deslocamento do Equilíbrio Químico no sentido da reação inversa, sentido 2, fazendo com que aumente a concentração de  $\text{NO}_2$  e diminua a de  $\text{N}_2\text{O}_4$ . No recipiente contendo a mistura desses gases, observa-se a intensificação da coloração castanho avermelhada.

Por outro lado, quando se coloca um recipiente contendo essa mistura gasosa num banho de água fria e gelo, diminuindo a temperatura, favorece-se o sentido em que a reação é exotérmica. Desta forma, haverá um deslocamento do Equilíbrio Químico no sentido da reação direta, sentido 1, fazendo com que diminua a concentração de  $\text{NO}_2$  e aumente a de  $\text{N}_2\text{O}_4$ . Assim, no recipiente contendo a mistura desses gases é observada a diminuição da intensidade da coloração castanho avermelhada, por conta da maior concentração do gás incolor,  $\text{N}_2\text{O}_4$ .<sup>21</sup> O Quadro 1 apresenta os equipamentos e os procedimentos utilizados neste experimento. Vale destacar a importância do uso de equipamentos de proteção individual, EPI, para a realização de todos os experimentos.

Para a avaliação da concentração no equilíbrio químico foram realizados dois experimentos utilizando cromato de potássio e dicromato e no outro cromato e nitrato de prata em ácido clorídrico. O primeiro experimento teve o objetivo de estudar o efeito do íon comum e não comum na reação

**Quadro 1.** Materiais e procedimento para a demonstração da influência da temperatura no Equilíbrio Químico

**Materiais:**

- Uma garrafa PET de 500 mL com tampa, incolor e sem o rótulo do produto, devidamente limpa;
- Uma espátula;
- Uma pipeta ou proveta com graduação mínima de 1,0 mL;
- Dois béqueres de 1000 mL;
- Manta de aquecimento.

**Reagentes:**

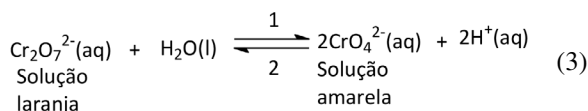
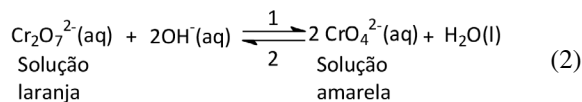
- Ácido nítrico concentrado (65 % m/m);
- Cobre metálico em pequenos pedaços, raspas;
- Água na temperatura ambiente
- Gelo

**Procedimento:**

- (a) Com auxílio da espátula, colocar alguns pedaços de cobre metálico na garrafa PET;
- (b) Com auxílio da pipeta graduada ou da proveta adicionar aproximadamente 1,0 mL da solução de ácido nítrico concentrado ao conteúdo contido na garrafa PET, descrita no procedimento (a);
- (c) Tampar a garrafa PET, descrita no procedimento (a), de forma segura e firme;
- (d) Coloque aproximadamente 400 mL de água na temperatura ambiente em um dos béqueres. Em seguida, coloque-o para aquecer na manta de aquecimento;
- (e) Coloque aproximadamente 300 mL de água na temperatura ambiente no segundo béquer. Em seguida, adicione gelo e deixe em repouso na bancada;
- (f) Mergulhe a garrafa PET na condição obtida pela descrição do procedimento (c) no béquer contendo água aquecida, que se encontra na manta de aquecimento, e observe a intensificação da coloração castanho avermelhado. Em seguida, retire a garrafa PET do béquer com água aquecida e mergulhe-o no béquer contendo água e gelo, e observe a diminuição da intensidade da cor.

química reversível de transformação do íon dicromato ( $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ) em cromato ( $\text{CrO}_4^{2-}$ ) em solução aquosa. A transformação de íon dicromato em íon cromato em solução aquosa evidencia os Efeitos do Íon Comum e Não Comum.

Uma solução de Dicromato de Potássio ( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ) 0,1 mol.  $\text{L}^{-1}$  apresenta uma coloração laranja, provocada pelos íons dicromato ( $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ) presentes. Porém, o íon dicromato ( $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ) coexiste com o íon cromato ( $\text{CrO}_4^{2-}$ ), onde a sua solução apresenta uma coloração amarela. Este efeito pode ser descrito pelas Equações 2 e 3.

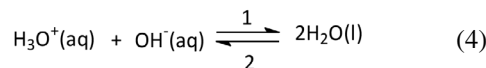


O efeito do íon comum é o deslocamento do equilíbrio numa determinada equação iônica provocado pela variação da concentração de uma espécie iônica que faz parte dela, interferência direta. Já no efeito do íon não comum, esse deslocamento é provocado pela alteração da concentração de uma espécie iônica que não participa da equação, interferência indireta.<sup>23</sup> Estes efeitos podem ser explicados usando a Equação 2 como referência. No experimento realizado para a videoaula verificou-se que a adição da solução de HCl 1 mol  $\text{L}^{-1}$  à solução de dicromato de potássio ( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ) não provocou qualquer alteração da coloração laranja. Entretanto, com a adição de solução de

NaOH 1 mol  $\text{L}^{-1}$  ocorreu a alteração da coloração da solução de laranja para amarela, caracterizando a transformação do íon dicromato ( $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ) em cromato ( $\text{CrO}_4^{2-}$ ).

A alteração da coloração da solução de laranja, devido à predominância do íon dicromato ( $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ) para amarelo, devido a predominância do íon cromato ( $\text{CrO}_4^{2-}$ ), observada com a adição da solução de NaOH, ocorre devido ao efeito do íon comum na Equação 2. A adição de NaOH aumentou a concentração de íons hidroxila ( $\text{OH}^-$ ), íon presente como reagente da Equação 2 em quantidade considerável devido à sua dissociação iônica, já que o NaOH é uma base forte. Desta forma, o equilíbrio químico da Equação 2 se desloca para o sentido direto (1), aumentando a concentração de íons cromato ( $\text{CrO}_4^{2-}$ ), provocando a alteração da cor da solução de laranja para amarelo.

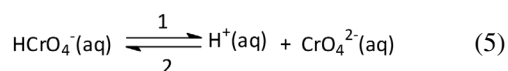
A manutenção da coloração laranja com a adição da solução de HCl, na Equação 2, é explicada pelo efeito do íon não comum. A adição do HCl, produz íons hidrônio ( $\text{H}_3\text{O}^+$ ) ou ( $\text{H}^+$ ), íons que não se encontram na Equação 2, mas que aumentam a concentração de água ( $\text{H}_2\text{O}$ ) através da ocorrência da reação ácido-base (Equação 4) e pelo consumo de íons hidroxila devido à adição do ácido.



A constante de equilíbrio da Equação 4 é muito elevada, e seu valor é igual ao inverso do Produto Iônico da Água ( $K_w$ ),  $10^{14}$ , na pressão de 1 atm e temperatura de 25 °C.<sup>24-26</sup> Assim, o equilíbrio da Equação 4 é deslocado no sentido direto, intensificando a diminuição da concentração de íons hidrônio ( $\text{H}_3\text{O}^+$ ) e o aumento simultâneo da concentração de

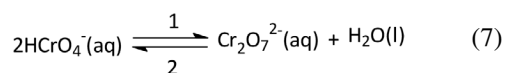
água ( $\text{H}_2\text{O}$ )<sup>24-26</sup>. Este efeito desloca o equilíbrio da Equação 2 para o sentido inverso, aumentando a concentração de íons dicromato ( $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ), e mantendo a cor laranja original da solução. Assim, para a Equação 3 o deslocamento provocado devido à adição de HCl deverá ser interpretado como efeito do íon comum e a de NaOH como efeito do íon não comum.

Russel<sup>20</sup> e Mahan *et al.*<sup>23</sup> descrevem que este conjunto de deslocamento de equilíbrio está associado à reação de dimerização do íon hidrogenocromato ( $\text{HCrO}_4^-$ ). A formação do íon hidrogenocromato ( $\text{HCrO}_4^-$ ), tem como origem o íon cromato, formado na Equação 2 ou na Equação 3. A Equação 5 descreve a ionização do íon hidrogenocromato ( $\text{HCrO}_4^-$ ). Já a Equação 6 descreve a expressão matemática da constante de ionização ( $K_a$ ) para a Equação 5.



$$K_a = \frac{[\text{H}^+][\text{CrO}_4^{2-}]}{[\text{HCrO}_4^-]} \quad (6)$$

O valor do  $K_a$  para a Equação 5, na pressão de 1 atm e temperatura de 25 °C, é igual a  $3,2 \times 10^{-7}$ , que é um valor muito baixo.<sup>25</sup> Assim, o íon hidrogenocromato ( $\text{HCrO}_4^-$ ) é um ácido muito fraco e a sua concentração na solução, pela sua baixa ionização, é suficiente para que ocorra a sua dimerização (Equação 7). A Equação 8 descreve a expressão matemática da constante de dimerização ( $K_d$ ) para a Equação 7.



$$K_d = \frac{[\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}(\text{aq})]}{[\text{HCrO}_4^-(\text{aq})]^2} \quad (8)$$

A constante de equilíbrio desta reação de dimerização ( $K_d$ ), apresenta um valor igual a 34 na pressão de 1 atm

e temperatura de 25 °C.<sup>23</sup> O valor de  $K_d$  mostra que o equilíbrio da Equação 7 se encontra deslocado para o sentido direto, 1, de forma significativa. Como as soluções dos dois íons, hidrogenocromato ( $\text{HCrO}_4^-$ ) e dicromato ( $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ), apresentam a mesma coloração, num contexto experimental, uma solução de dicromato de potássio ( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ) continuará apresentando a coloração laranja. A adição de solução de HCl desloca o equilíbrio químico da Equação 7 para o sentido direto, 1, devido ao deslocamento do equilíbrio químico da Equação 5 para o sentido inverso, 2, aumentando a concentração de íon hidrogenocromato ( $\text{HCrO}_4^-$ ) provocado pelo aumento da concentração de íons hidrônio ( $\text{H}_3\text{O}^+$ ), que é proveniente do ácido forte (HCl), conservando a cor laranja da solução. Porém, a adição de solução de NaOH desloca para o sentido direto, 1, o equilíbrio químico da Equação 5, devido à diminuição da concentração dos íons hidrônio ( $\text{H}_3\text{O}^+$ ), descrito na Equação 4, o que diminui a concentração dos íons hidrogenocromato ( $\text{HCrO}_4^-$ ). E, portanto, neste caso, verificou-se a transformação da cor da solução de laranja para amarelo. Pode-se, então, inferir que o deslocamento causado pela adição de HCl, tendo a Equação 5 como referência, pode ser entendido como um caso de efeito do íon comum, e a adição de NaOH como um caso de efeito do íon não comum. O Quadro 2 apresenta os materiais e os procedimentos utilizados neste experimento.

Por fim, um terceiro experimento foi realizado para a avaliação do efeito do íon não comum utilizando a reação química de transformação do precipitado de cromato de prata ( $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$ ), em cloreto de prata ( $\text{AgCl}$ ), que é denominada de reprecipitação em solução aquosa. A reprecipitação em solução aquosa é a dissolução de um precipitado que ocorre, simultaneamente, com a formação de um segundo precipitado. Experimentalmente este fenômeno é realizado com precipitados de colorações diferentes.<sup>25,26</sup>

A transformação do precipitado de cromato de prata ( $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$ ) em cloreto de prata ( $\text{AgCl}$ ), reprecipitação em solução

**Quadro 2.** Materiais e procedimento para a demonstração do Efeito do íon comum e não comum no Equilíbrio Químico

#### Materiais

- Dois béqueres com volume mínimo de 250 mL;
- Dois conta-gotas ou duas pipetas com graduação mínima de 5,0 mL;
- Duas provetas com volume mínimo de 100 mL;
- Bastão de vidro.

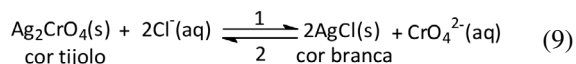
#### Reagentes

- Solução aquosa de dicromato de potássio (0,1 mol L<sup>-1</sup>);
- Solução aquosa de hidróxido de sódio (1,0 mol L<sup>-1</sup>);
- Solução aquosa de ácido clorídrico (1,0 mol L<sup>-1</sup>);

#### Procedimento

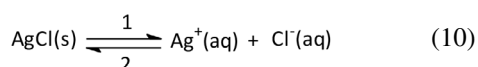
- (a) Adicione a um béquer 100 mL de solução aquosa de dicromato de potássio (0,1 mol L<sup>-1</sup>), utilizando uma proveta, e ao outro 100 mL de solução aquosa de cromato de potássio (0,1 mol L<sup>-1</sup>), utilizando a outra proveta;
- (b) Com auxílio de uma pipeta ou conta-gotas limpos e secos adicione lentamente à solução contida no béquer do procedimento (a), contendo a solução de dicromato de potássio, aproximadamente, 5 mL de solução aquosa de hidróxido de sódio (1,0 mol L<sup>-1</sup>), e observe a mudança da cor laranja para amarela;
- (c) Com auxílio de uma pipeta ou conta-gotas limpos e secos adicione lentamente à solução contida no outro béquer do procedimento (a), contendo a solução de cromato de potássio, aproximadamente, 5 mL de solução de ácido clorídrico (1,0 mol L<sup>-1</sup>), e observe a mudança da cor amarela para laranja.

aquosa, pode ser percebida em laboratório pela alteração da cor tijolo do precipitado de  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$  pela cor branca do precipitado de  $\text{AgCl}$ , como representada pela Equação 9, e pode ser explicada pelo Efeito do Íon Não Comum.<sup>23</sup>



Quando se adiciona gotas de uma solução aquosa, diluída, de  $\text{HCl}$  ao sistema que apresenta o precipitado cor tijolo de  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$  ocorre um aumento significativo da concentração de íons cloreto ( $\text{Cl}^-$ ), devido à forte ionização do  $\text{HCl}$ . Como o  $\text{AgCl}$  apresenta uma solubilidade em água inferior ao  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$  este começa a se dissociar e o  $\text{AgCl}$  começa a precipitar na forma de um precipitado branco.

Para o cloreto de prata ( $\text{AgCl}$ ), o cálculo da solubilidade em água, na pressão de 1atm e temperatura de 25°C, pode ser explicado a partir da sua equação de dissociação, apresentada na Equação 10.<sup>25-27</sup>



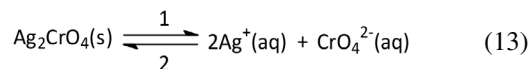
Essa equação, nos revela a expressão matemática, assim como, o valor da sua constante do produto de solubilidade,  $K_{ps}$  ( $\text{AgCl}$ ), apresentados na Equação 9.<sup>25-27</sup>

$$K_{ps}(\text{AgCl}) = [\text{Ag}^+][\text{Cl}^-] = 1,8 \times 10^{-10} \quad (11)$$

A proporção de 1:1 entre os íons prata ( $\text{Ag}^+$ ) e cloreto ( $\text{Cl}^-$ ) da Equação 10 leva à uma relação entre a solubilidade e o  $K_{ps}$  do cloreto de prata ( $\text{AgCl}$ ), que pode ser dada pela Equação 12.<sup>25-27</sup>

$$S = \sqrt{K_{ps}} = 1,34 \times 10^{-5} \quad (12)$$

Para o cromato de prata ( $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$ ), o cálculo da solubilidade em água, na pressão de 1atm e temperatura de 25°C, pode ser explicado a partir da sua equação de dissociação, apresentada na Equação 13.<sup>25-27</sup>



Esta equação revela a expressão matemática, assim como, o valor da sua constante do produto de solubilidade,  $K_{ps}$  ( $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$ ), apresentados na Equação 14.<sup>25-27</sup>

$$K_{ps}(\text{Ag}_2\text{CrO}_4) = [\text{Ag}^+]^2[\text{CrO}_4^{2-}] = 1,1 \times 10^{-12} \quad (14)$$

Porém, a proporção de 2:1 entre os íons prata ( $\text{Ag}^+$ ) e cromato ( $\text{CrO}_4^{2-}$ ) respectivamente na Equação 13, leva à uma relação entre a solubilidade e o  $K_{ps}$  do cromato de prata ( $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$ ) que pode ser dada pela Equação 15.<sup>25-27</sup>

$$S = \sqrt[3]{\frac{K_{ps}}{4}} = 1,03 \times 10^{-4} \text{ mol L}^{-1} \quad (15)$$

Desta forma, observa-se que o cloreto de prata ( $\text{AgCl}$ ) é aproximadamente 7,6 vezes menos solúvel do que o cromato

de prata ( $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$ ) em solução aquosa, e em condições similares desloca, significativamente, o equilíbrio químico da Equação 9 para o sentido inverso, 2, provocando a reprecipitação. Este efeito pode ser entendido como um efeito do íon não comum, pois o íon cloreto ( $\text{Cl}^-$ ), oriundo do  $\text{HCl}$ , desloca o equilíbrio químico da Equação 13 para o sentido direto, 1, sentido da dissolução do cromato de prata ( $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$ ), sem que ele seja reagente ou produto dela. Isto ocorre devido ao deslocamento da Equação 10 para o sentido da precipitação do cloreto de prata ( $\text{AgCl}$ ), sentido inverso, 2, que provoca a diminuição da concentração de íons prata ( $\text{Ag}^+$ ) presentes na solução aquosa.

Vale destacar que uma elevada concentração do  $\text{HCl}$  poderia prejudicar a reprecipitação. Neste caso, uma altíssima concentração de íons hidrônio ( $\text{H}_3\text{O}^+$ ), proveniente do  $\text{HCl}$ , aumentaria a concentração de íons hidrogenocromato ( $\text{HCrO}_4^-$ ) deslocando a Equação 5 para o sentido inverso, 2. Este aumento de concentração deslocaria para o sentido direto, 1, a Equação 7, dimerização do íon hidrogenocromato ( $\text{HCrO}_4^-$ ). Sendo assim, o sistema aquoso poderia apresentar uma concentração de íons hidrogenocromato ( $\text{HCrO}_4^-$ ) e dicromato ( $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ) resultante do deslocamento da Equação 7, capaz de se associar com íons prata ( $\text{Ag}^+$ ) presentes na solução, formando os sais solúveis hidrogenocromato de prata ( $\text{AgHCrO}_4$ ) e dicromato de Prata ( $\text{Ag}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ). Assim, um valor reduzido de íons prata ( $\text{Ag}^+$ ) na solução poderia não ser suficiente para precipitar o cloreto de prata e para alcançar o valor do seu  $K_{ps}$ , o que impediria a reprecipitação. Contudo, no experimento realizado para a videoaula observou-se a precipitação do cloreto de prata ( $\text{AgCl}$ ), devido à uma adição gota a gota da solução de  $\text{HCl}$  com a concentração adequada de 1 mol  $\text{L}^{-1}$ , conforme o Quadro 3 que apresenta os materiais e os procedimentos utilizados neste experimento.

## 2.2. A elaboração de videoaulas utilizando o PowerPoint®

No laboratório de Química Analítica do IQ/UFRJ, com o uso de um aparelho celular foi possível registrar, em foto e vídeo, os procedimentos laboratoriais de cada demonstração experimental estudados neste trabalho.

A elaboração de uma videoaula é a transformação de uma apresentação de slides do PowerPoint®, muito utilizada em aulas, palestras etc., em um vídeo, onde cada slide estará provido de narração do apresentador, sincronizada com as animações contidas no conjunto de ferramentas do aplicativo.

Após a elaboração de cada slide da aula a ser apresentada, contendo as respectivas animações, cada slide deverá receber o áudio da narração. Para isso, o aplicativo apresenta em sua interface, o comando, “Apresentação de slide”, localizado na parte superior da tela, como mostra a Figura 1. Para a elaboração dos slides é possível usar versões anteriores do pacote Office, contudo para a inserção da narração e a produção da videoaula, a versão recomendada é a do pacote Office 365, pois somente nesta versão há as ferramentas



**Quadro 3.** Materiais e Procedimento para a demonstração do Efeito do íon não comum no Equilíbrio Químico

<p><b>Materiais</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Um béquer com volume mínimo de 250 mL;</li> <li>– Dois conta-gotas ou pipetas com graduação mínima de 1,0 mL;</li> <li>– Uma proveta com volume mínimo de 100 mL;</li> <li>– Bastão de vidro.</li> </ul> <p><b>Reagentes</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Solução aquosa de cromato de potássio (0,1 mol L<sup>-1</sup>);</li> <li>– Solução aquosa de nitrato de prata (AgNO<sub>3</sub>) (0,1 mol L<sup>-1</sup>);</li> <li>– Solução aquosa de ácido clorídrico (1,0 mol L<sup>-1</sup>).</li> </ul> <p><b>Procedimento</b></p> <p>(a) Com auxílio de uma proveta adicione 100 mL da solução de cromato de potássio ao béquer de 250 mL;</p> <p>(b) Com auxílio de uma pipeta ou conta-gotas limpos e secos adicione lentamente à solução de cromato de potássio, descrita no procedimento (a), 1 mL de solução aquosa de AgNO<sub>3</sub> (0,1 mol L<sup>-1</sup>) até se observar a formação de um precipitado cor tijolo;</p> <p>(c) Com uma pipeta ou conta-gotas limpos e secos adicione lentamente à solução presente no béquer descrita no procedimento (b) aproximadamente 1 mL de solução aquosa de HCl (1,0 mol L<sup>-1</sup>) até se verificar a alteração da cor do precipitado de cor tijolo para branco no béquer.</p>
---

adequadas, e, portanto, a metodologia apresentada é compatível apenas para esta versão do Office 365.

Ao clicar em “Apresentação de slide”, abrirá um conjunto de opções, que indicam as formas de apresentações desejadas, como mostra a Figura 2. Em algumas versões dentro do pacote Office 365 é preciso clicar em “Configurar” dentro da aba de apresentação de slides para encontrar a opção “Gravar Apresentação de Slides.”

A opção “Gravar Apresentação de slides” reporta a uma tela de fundo preto, Figura 3. Nela se encontra a imagem do slide atual, que será gravado podendo apresentar a imagem do locutor capturada pela câmera e um conjunto de comandos. Cada comando apresenta funções específicas que serão descritas a seguir, obedecendo as notações descritas e identificadas na Figura 3. Parte superior: “GRAVAR”, para iniciar o processo de gravação; “PARAR”, para interromper o processo de gravação; “REPRODUZIR”, para reproduzir a gravação obtida; “ANOTAÇÕES”, se necessário, é possível fazer alguma anotação extra utilizando o teclado; “LIMPAR A GRAVAÇÃO EXISTENTE”, caso seja necessário se desfazer da gravação do slide e “CONFIGURAÇÕES”, que seleciona o microfone e a câmera que serão utilizados. Na parte central: “SLIDE ANTERIOR”, retrocesso ao slide anterior ao que está sendo gravado e “SLIDE SEGUINTE”, avanço para o slide posterior ao que está

sendo gravado. Na parte inferior: “Tempo de Gravação”, funciona como cronômetro; “Mouse/Caneta”, indica a largura de um tracejado que pode ser feito no slide, para esse procedimento, o *mouse* ou a caneta digital podem ser usados. “Palheta de cores”, permite a escolha da cor do tracejado e “Habilitação de áudio/ imagem”, comando que permite que a gravação seja sem áudio do microfone, como também, sem a imagem do locutor, capturada pela câmera.

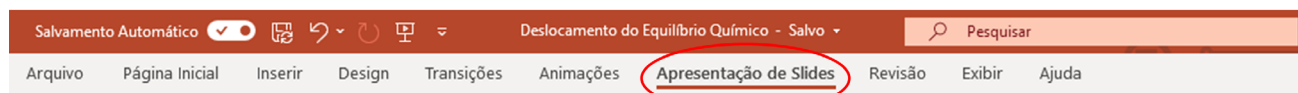
Completadas as narrações de cada slide, a apresentação deverá ser salva na forma de vídeo. Deve-se retornar para a área de trabalho do aplicativo, e clicar, na parte superior, a opção “Arquivo”, Figura 4.

A opção “Arquivo” leva a uma tela contendo as opções descritas na Figura 5, e deve-se clicar na opção “Exportar”.

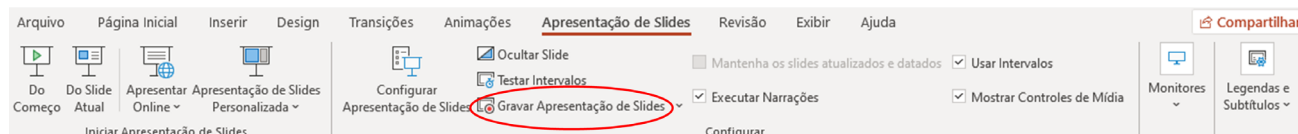
Imediatamente aparecerá uma tela contendo um menu de opções. Em seguida, deve-se clicar na opção “Criar Vídeo”, como mostra a Figura 6.

Nesta mesma tela deverá ser escolhida a opção “Criar Vídeo”. A expansão desta tela resulta em uma segunda tela, onde deve-se clicar novamente na opção “Criar Vídeo”, Figura 7.

No momento do acionamento do comando, “Criar Vídeo”, abrirá uma caixa de diálogo, Figura 8, que permite o preenchimento do nome do arquivo a ser transformado em vídeo na extensão MPEG-4. A finalização do processo ocorre clicando na opção, “Salvar”, da caixa de diálogo.



**Figura 1.** Metodologia para a inclusão de uma narração em slide do aplicativo PowerPoint® - Passo 1



**Figura 2.** Metodologia para a inclusão de uma narração em slidedo aplicativo PowerPoint® - Passo 2

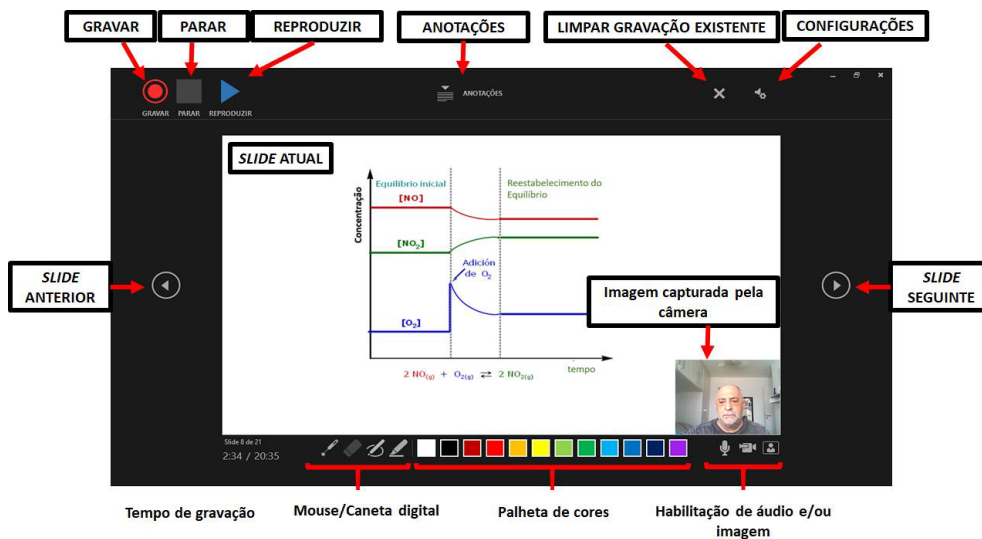


Figura 3. Tela do aplicativo PowerPoint® e seus comandos possibilitando a gravação de um slide

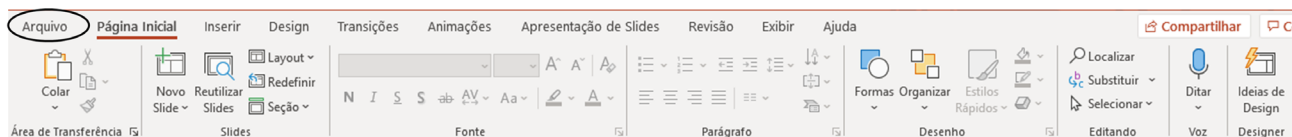


Figura 4. Metodologia para salvar a apresentação com a narração na forma de vídeo -Passo 1



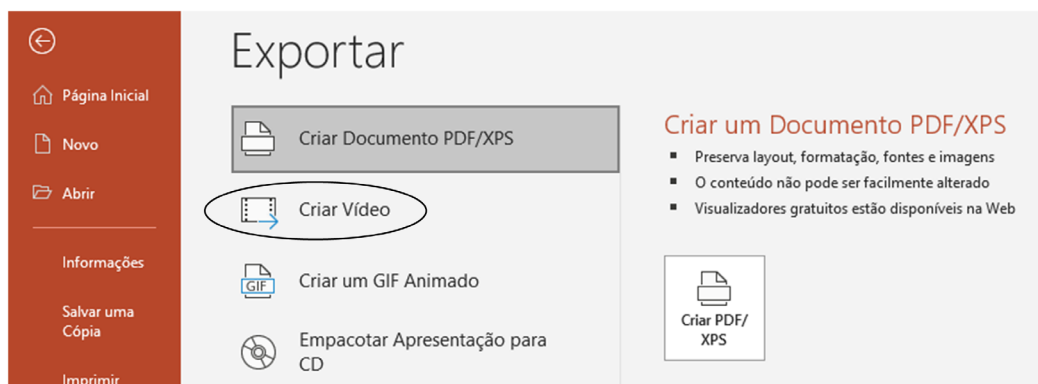
Figura 5. Metodologia para salvar a apresentação com a narração na forma de vídeo -Passo 2

### 3. Resultado e Discussão

O conceito de Equilíbrio Químico (Princípio de Le Chatelier) pode ser melhor consolidado e observado pelos discentes através de demonstrações experimentais. Por outro lado, nem todas as escolas têm a infraestrutura física e de

pessoal adequada para a realização de experimentos e para o acompanhamento dos discentes durante os experimentos. Desta forma, foi desenvolvida uma videoaula contendo demonstrações experimentais referentes aos fenômenos relacionados ao Princípio de Le Chatelier e os respectivos conceitos teóricos, com o intuito de facilitar essa relação de ensino-aprendizagem. Este material pode ser utilizado em aulas

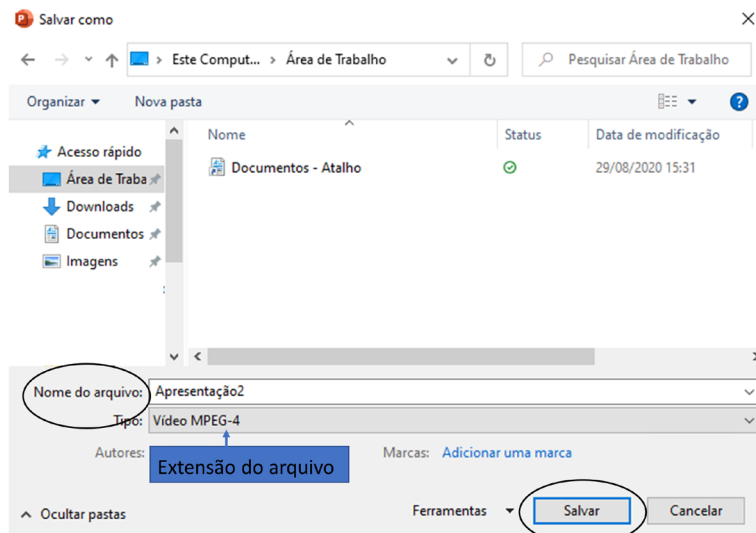




**Figura 6.** Metodologia para salvar a apresentação com a narração na forma de vídeo -Passo 3



**Figura 7.** Metodologia para salvar a apresentação com a narração na forma de vídeo - Passo 4



**Figura 8.** Metodologia para salvar a apresentação com a narração na forma de vídeo -Passo 5

de reforço, como foi a aplicação neste trabalho, mas também pode ser uma ferramenta muito útil para o desenvolvimento de aulas remotas, que têm se tornado indispensáveis neste período de afastamento social por conta da pandemia da Covid-19. Outra vertente deste trabalho foi a edição de videoaulas como meio de se melhorar o processo de ensino-aprendizagem utilizando um aplicativo de uso imediato na grande maioria dos computadores, o PowerPoint®. Apesar da existência de outros aplicativos, que poderiam até proporcionar um vídeo de

melhor qualidade, o PowerPoint® tem uma grande abrangência, especialmente no preparo de slides, o que pode ser um facilitador do seu uso por parte dos docentes. Por outro lado, ainda são muito pouco exploradas as ferramentas do PowerPoint® para a elaboração e edição de videoaulas, e, portanto, este trabalho focou na demonstração do uso do PowerPoint® como meio de edição de videoaulas de química, contendo conteúdos teóricos e experimentais, como meio de facilitar o uso de videoaulas no processo de ensino-aprendizagem.

### 3.1. Aplicação da videoaula

A videoaula foi aplicada conforme a descrição no item 2 para uma turma de 3º ano do Colégio Pedro II, Campus São Cristóvão III, com 22 alunos presentes, e para duas turmas de 3º ano do Colégio Militar do Rio de Janeiro como meio de reforço dos conceitos de Equilíbrio Químico (Princípio de Le Chatelier) aprendidos previamente para a preparação do ENEM de 2019 e 2020, respectivamente. E ao final da aula foi solicitada aos alunos das duas escolas uma reflexão crítica sobre o uso da técnica do PowerPoint® na qualidade da videoaula.

A primeira etapa para a elaboração da videoaula foi a pesquisa, preparação e execução dos experimentos referentes ao Princípio de Le Chatelier. O Quadro negro foi utilizado como apoio para a representação das reações químicas envolvidas em cada experimento. O primeiro experimento realizado foi sobre a influência da temperatura no deslocamento do Equilíbrio Químico na reação reversível de transformação do dióxido de nitrogênio ( $\text{NO}_2$ ) em tetróxido de dinitrogênio ( $\text{N}_2\text{O}_4$ ) em fase gasosa. Nas Figuras 9 (a) e 9 (b) apresentamos momentos do experimento em questão, com o aquecimento em água quente e o seguinte, resfriamento em banho de gelo, respectivamente. Vale ressaltar que o tempo e a quantidade de gelo deveriam ter sido maiores, para que a concentração de  $\text{N}_2\text{O}_4$  fosse elevada o suficiente para o sistema se apresentar o mais próximo possível como incolor. Essa questão foi comentada na videoaula. De qualquer forma, pode-se observar através das Figuras 9 (a) e 9 (b) que ocorreu uma diminuição na intensidade da coloração castanho avermelhado quando o sistema foi resfriado em banho de gelo, indicando a formação do  $\text{N}_2\text{O}_4$ . O segundo experimento realizado foi sobre o estudo do efeito do íon comum e não comum na reação química reversível de transformação do íon dicromato ( $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ) em cromato ( $\text{CrO}_4^{2-}$ ) em solução aquosa demonstrado na Figura 9 (c).

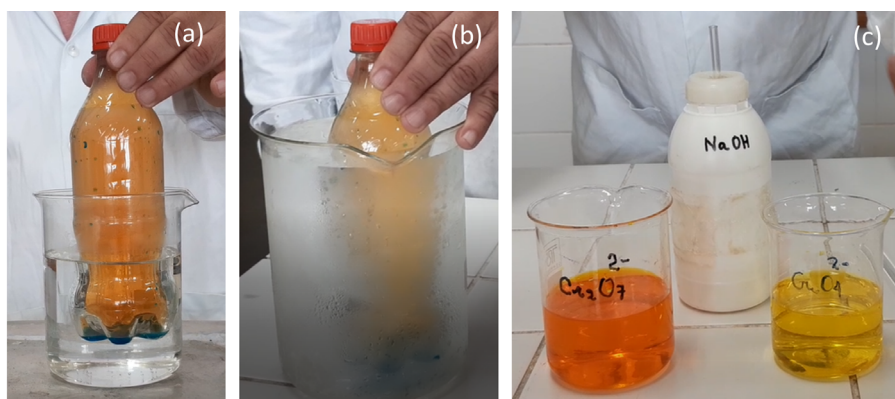
O terceiro experimento foi relacionado ao estudo do efeito do íon não comum na reação química de transformação do precipitado de cromato de prata ( $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$ ) em cloreto de prata ( $\text{AgCl}$ ), reprecipitação em solução aquosa.

Com a finalização da etapa de gravação dos experimentos, foi preparada a sequência de slides, inserção dos vídeos e da narração do professor em cada slide para a produção do vídeo. Todas as etapas de edição da videoaula foram realizadas exclusivamente através do PowerPoint®, utilizando a metodologia apresentada no item 2.2.

A videoaula começa com agradecimentos às instituições e pessoas que colaboraram com o desenvolvimento e aplicação dessa metodologia de ensino. Em seguida há a narração do professor da disciplina sobre os conceitos teóricos e a demonstração experimental de forma lógica e sequencial, conforme pode ser observado no link do Youtube <https://youtu.be/39fMmJGThZI> que dá acesso à videoaula.<sup>28</sup> As videoaulas apresentadas no Colégio Pedro II e Colégio Militar do RJ são idênticas em relação à teoria, exercícios e vídeo de demonstração experimental. Em seguida, questões de edições anteriores do ENEM, relacionadas ao Princípio de Le Chatelier foram respondidas pelos discentes como forma de avaliação da consolidação do aprendizado. Na sequência, foi aberto um debate sobre os conceitos químicos aprendidos e sobre a qualidade da videoaula.

Assim, após a apresentação da videoaula, o docente entregou as duas questões, que estão descritas no Quadro 4, para a sua resolução em sala de aula. Após esta etapa de resolução, os conceitos relacionados foram debatidos com os alunos.

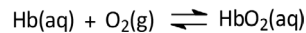
A Tabela 1 apresenta o gabarito de cada questão e o aproveitamento em cada escola e considerando o total de alunos. A Figura 10 apresenta o número absoluto de acertos em cada escola e o total bem como o número de questões entregues em branco. O menor aproveitamento na escola B (Tabela 1) e o fato de três alunos terem entregado as questões em branco (Figura 10) pode ser justificado pelo foco da turma, em que se aplicou o teste, ser direcionado a outros concursos, que não especificamente o ENEM, tendo já realizado as provas daqueles, quando da aplicação dessas questões. Contudo, o alto índice de acertos nas duas questões em ambas as escolas (Figura 10) e o alto aproveitamento total (Tabela 1) demonstraram a assimilação dos conceitos apresentados na videoaula e indicam a eficácia



**Figura 9.** Representação dos experimentos demonstrando o efeito da temperatura (a) e (b) e o efeito do íon comum (c) no Equilíbrio Químico: (a) aquecimento em banho maria da garrafa PET contendo ácido nítrico e cobre metálico, favorecendo a formação do gás  $\text{NO}_2$ , castanho avermelhado; (b) resfriamento em banho de gelo da garrafa PET contendo ácido nítrico e cobre metálico, favorecendo a formação do gás  $\text{N}_2\text{O}_4$  e diminuindo a intensidade da coloração castanho avermelhado; (c) adição de solução de  $\text{NaOH}$   $1,0 \text{ mol L}^{-1}$  para formação dos íons cromato

**Quadro 4.** Questões dadas aos alunos para resolução após a videoaula

1. (Enem 2015) Hipóxia ou mal das alturas consiste na diminuição de oxigênio no sangue arterial do organismo. Por essa razão, muitos atletas apresentam mal-estar (dores de cabeça, tontura, falta de ar etc.) ao praticarem atividade física em altitudes elevadas. Nessas condições, ocorrerá uma diminuição na concentração de hemoglobina oxigenada em equilíbrio no sangue, conforme a relação:

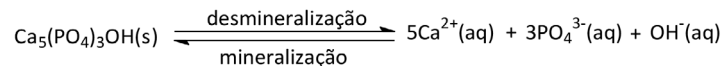


Mal da montanha. Disponível em: [www.feng.pucrs.br](http://www.feng.pucrs.br). Acesso em: 11 fev. 2015 (adaptado).

A alteração da concentração de hemoglobina oxigenada no sangue ocorre por causa do(a)

- elevação da pressão arterial.
- aumento da temperatura corporal.
- redução da temperatura do ambiente.
- queda da pressão parcial de oxigênio.
- diminuição da quantidade de hemácias.

2. (Enem 2011) Os refrigerantes têm-se tornado cada vez mais o alvo de políticas públicas de saúde. Os de cola apresentam ácido fosfórico, substância prejudicial à fixação de cálcio, o mineral que é o principal componente da matriz dos dentes. A cárie é um processo dinâmico de desequilíbrio do processo de desmineralização dentária, perda de minerais em razão da acidez. Sabe-se que o principal componente do esmalte do dente é um sal denominado hidroxiapatita. O refrigerante, pela presença da sacarose, faz decrescer o pH do biofilme (placa bacteriana), provocando a desmineralização do esmalte dentário. Os mecanismos de defesa salivar levam de 20 a 30 minutos para normalizar o nível do pH, remineralizando o dente. A equação química seguinte representa esse processo:



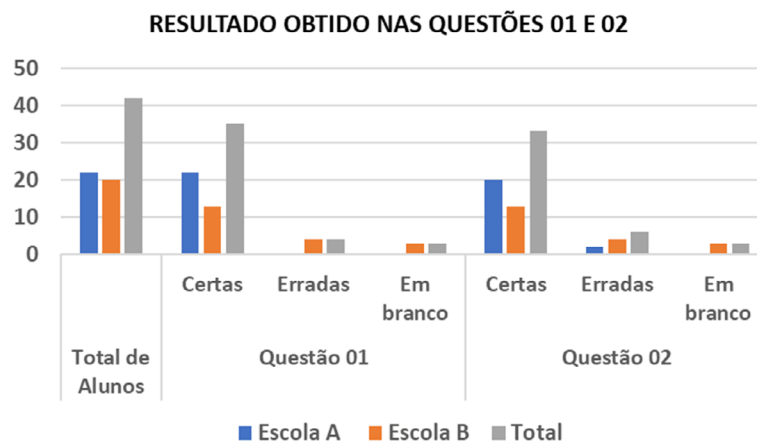
GROISMAN, S. Impacto do refrigerante nos dentes é avaliado sem tirá-lo da dieta. Disponível em: <http://www.isaude.net>. Acesso em: 1 maio 2010 (adaptado).

Considerando que uma pessoa consuma refrigerantes diariamente, poderá ocorrer um processo de desmineralização dentária, devido ao aumento da concentração de

- $\text{OH}^-$ , que reage com os íons  $\text{Ca}^{2+}$ , deslocando o equilíbrio para a direita.
- $\text{H}^+$ , que reage com as hidroxilas  $\text{OH}^-$ , deslocando o equilíbrio para a direita.
- $\text{OH}^-$ , que reage com os íons  $\text{Ca}^{2+}$ , deslocando o equilíbrio para a esquerda.
- $\text{H}^+$ , que reage com as hidroxilas  $\text{OH}^-$ , deslocando o equilíbrio para a esquerda.
- $\text{Ca}^{2+}$ , que reage com as hidroxilas  $\text{OH}^-$ , deslocando o equilíbrio para a esquerda.

**Tabela 1.** Aproveitamento dos alunos na resolução das duas questões aplicadas

Questões	Gabarito	Aproveitamento da Escola A (%)	Aproveitamento da Escola B (%)	Aproveitamento Total (%)
Questão 1	d	100	65	78
Questão 2	b	91	65	74



**Figura 10.** Aproveitamento dos alunos nas duas questões aplicadas nas duas escolas

da metodologia na apresentação e reforço de conceitos químicos para alunos do Ensino Médio.

Outros trabalhos já demonstraram como a videoaula pode ser uma ferramenta útil no processo ensino-aprendizagem de Química em diversas situações, como na preparação para os exames de ingresso no Ensino Superior e no ensino de jovens e adultos.<sup>29,30</sup> Em relação ao ensino de Equilíbrio Químico, Souza *et al.*<sup>7</sup> demonstraram que a apresentação de videoaulas em um ambiente virtual de ensino colaborou com a maior compreensão dos conceitos relacionados ao Equilíbrio Químico como o efeito do íon comum. Assim, a metodologia desenvolvida neste trabalho que utilizou uma videoaula editada através do PowerPoint® contendo slides com os conceitos teóricos e a gravação de experimentos, ambos narrados pelo docente, aliada ao expressivo número de acertos nas questões ofertadas aos alunos, demonstra que esta é mais uma ferramenta muito útil no processo ensino-aprendizagem podendo ser usada em diversos momentos da vida escolar. Finalmente, acredita-se que a união da teoria e dos experimentos advindos por esta videoaula reduziu o nível de abstração dos conceitos aprendidos, refletindo no resultado positivo apresentado.

### 3.2. A visão dos alunos

Além da videoaula e a resolução das questões do ENEM foi distribuída uma ficha de avaliação, conforme o Quadro 5, com o objetivo de avaliar se os alunos corresponderam bem à proposta da videoaula assistida. A ficha de avaliação foi

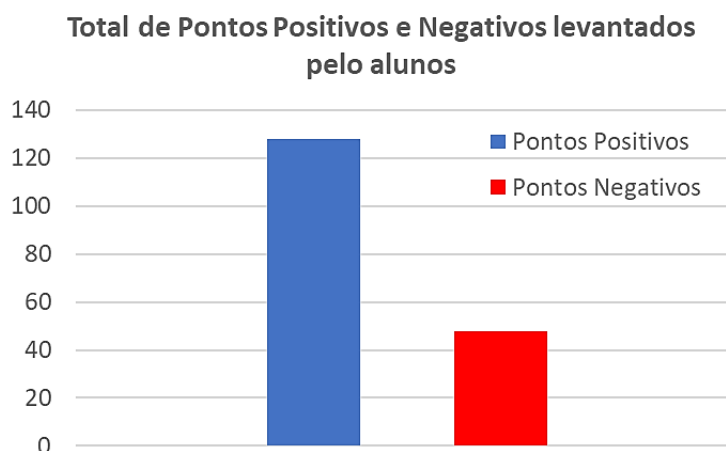
entregue aos alunos após um debate sobre a relação entre a qualidade da videoaula e a sua democratização com o uso de aplicativos do cotidiano como o PowerPoint®, que pode levar a um maior uso desta técnica por parte dos docentes. Os resultados obtidos estão dispostos na Figura 11.

Observando a Figura 11 é possível verificar que cada aluno levantou pelo menos três pontos positivos e um negativo. Dentre os pontos positivos abordados pelos alunos, em ambas as escolas, 100 % ressaltaram a qualidade dos slides, textos e animações, principalmente, dos vídeos que descrevem a parte experimental e as questões conceituais usadas para avaliar os alunos após a apresentação da videoaula. Os alunos ressaltaram ainda como os efeitos de animação do PowerPoint® ajudaram na compreensão dos conceitos. Além disso, os alunos elogiaram a qualidade da explicação do tema por parte do professor na videoaula. Por outro lado, todos os alunos de uma das escolas levantaram como pontos negativos a qualidade do áudio durante a apresentação, por conta da alternância de volume quando havia a passagem do slide para a filmagem da parte experimental, que obrigou o ajuste do volume a todo momento por parte do professor. Na outra escola os alunos reportaram uma poluição sonora especialmente na parte experimental, mas que não trouxe maiores transtornos para a compreensão da videoaula e nem o professor precisou ajustar o volume a todo momento, como ocorreu na primeira escola. Portanto, o áudio foi o ponto negativo comum citado por todos os alunos.

As oscilações de volume pontuadas pelos alunos podem ter sido decorrentes da narração da parte teórica ter sido

**Quadro 5.** Avaliação entregue aos alunos para avaliação da qualidade da videoaula

<p><b>AVALIAÇÃO DO TRABALHO:</b> Uma proposta de ensino de equilíbrio químico através de videoaula utilizando uma ferramenta de aplicativo cotidiano</p> <p>No quadro abaixo, você deverá escrever, DE FORMA SUCINTA, dois a cinco pontos positivos e negativos do vídeo assistido. Deve-se salientar que a proposta do trabalho é a edição de videoaulas utilizando um aplicativo de uso imediato na grande maioria dos computadores, o PowerPoint®. É do conhecimento dos autores a existência de outros aplicativos, porém sem a mesma acessibilidade do PowerPoint®.</p> <p>Pontos Positivos:</p> <p>Pontos Negativos:</p>
--



**Figura 11.** Resultados obtidos da avaliação realizada pelos alunos sobre a importância da videoaula no processo do ensino-aprendizagem

feita em um ambiente pequeno e fechado, enquanto a parte experimental foi narrada dentro de um laboratório de química amplo, onde é possível notar o eco do ambiente. Além disso, foram utilizadas ferramentas distintas de gravação: a parte teórica dos slides foi gravada usando o microfone do computador Lenovo-303, enquanto os experimentos foram gravados com auxílio de um celular Samsung A30, ambos descritos no item 2. Contudo, para a oscilação exagerada do volume, observada especificamente em uma das escolas, supõe-se que o estado de conservação do aparelho disponibilizado possa ter ocasionado a perda de qualidade na reprodução quando da transição dos slides narrados para o vídeo gravado em laboratório. Esta hipótese é reforçada pelo fato de que ao assistir a videoaula em qualquer outro computador, ou ao se projetar através de um equipamento mais novo, como foi realizado em uma das escolas, tais problemas técnicos não foram observados com tanta intensidade. Como a videoaula une a parte teórica às animações de slides, com vídeos de experimentos gravados em aparelhos de celular, por exemplo, é importante o uso de equipamentos em perfeitas condições de uso ou com manutenção preventiva.

Os resultados da pesquisa de satisfação dos alunos, apresentados na Figura 11, como forma de avaliar a ferramenta de videoaula proposta neste trabalho, mostraram uma percepção bastante favorável por parte dos alunos em termos da qualidade dos slides, textos, animações e vídeos narrados pelo professor. Além disso, os alunos relataram a contribuição significativa da videoaula utilizada neste trabalho para a compreensão dos conceitos aplicados e para a dinamização da aula. Como ponto negativo, foi citado o número pequeno de exercícios de fixação, além da oscilação do volume ocorrida durante a passagem do slide para a filmagem da parte experimental. Esse problema com o áudio pode ser minimizado com a utilização de equipamentos em perfeitas condições de uso, conforme sugerido acima.

#### 4. Conclusões

Neste trabalho abordaram-se os conceitos de Deslocamento de Equilíbrio Químico (Princípio de Le Chatelier), através de uma videoaula usando o PowerPoint® como aplicativo para a sua edição. Esta videoaula que continha teoria, exercícios e demonstrações experimentais sobre o tema serviu como uma ferramenta de apoio em aula de reforço para o ENEM. Essa ferramenta também pode ser utilizada para demonstração experimental em instituições que não dispõem de laboratório de Química, ou para o aprimoramento da tarefa de elaboração de aulas em sua prática docente, especialmente nesse momento de aulas remotas, por conta do distanciamento social imposto pela pandemia do Covid-19.

As práticas propostas no trabalho foram executadas com êxito e ajudaram os alunos na observação do efeito da temperatura e concentração (efeito do íon comum

e não comum) no Equilíbrio Químico. Além disso, a visualização da reprecipitação na videoaula demonstra que a concentração de HCl utilizada,  $1 \text{ mol L}^{-1}$  não foi elevada o suficiente para impedir a sua ocorrência.

Os alunos se mostraram entusiasmados com a nova abordagem não só pelo apelo da ferramenta audiovisual, mas pela associação da teoria com a demonstração experimental realizada. Além disso, uma maior fixação dos conceitos relacionados ao tema pôde ser mensurada pelo alto percentual de acertos observados durante a resolução de questões do ENEM associadas ao tema da videoaula. O sucesso da estratégia também pôde ser mensurado através da solicitação dos alunos, para que outros temas também fossem abordados, usando videoaulas.

Assim, através deste trabalho foi possível desenvolver e aplicar uma estratégia simples, utilizando o PowerPoint® para a produção de videoaulas de química. Desta maneira, é possível facilitar o acesso aos conteúdos de química com qualidade e que despertam o interesse nos alunos de uma forma simples e acessível aos docentes de Química.

#### Agradecimentos

Os autores agradecem ao Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional (PROFQUI), à Direção da Escola Pedro II, Campus São Cristóvão, à Direção do colégio Militar do Rio de Janeiro e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) – Código de Financiamento 001.

#### Referências Bibliográficas

1. Callegario, L. J.; Borges, M. N.; *Resumos do 15º Encontro Nacional de Ensino de Química*, Brasília, Brasil, 2010. [\[Link\]](#)
2. Freire, P.; *Pedagogia da Esperança: Um Reencontro com a Pedagogia do Oprimido*, 4a. ed., Paz e Terra: Rio de Janeiro, 1993.
3. Demo, P.; *Desafios Modernos da Educação*, 7a. ed., Vozes: Petrópolis, 1998.
4. Pires, R. C.; Rezzadora, C. B. D.; Uma Experiência de Produção de Videoaula Experimental em Aulas de Química. *Revista Brasileira de Educação em Ciências e Educação Matemática* **2019**, 3, 92. [\[CrossRef\]](#)
5. Marcelino-Jr, C. A. C.; Barbosa, R. M. N.; Campos, A. F.; Leão, M. B. C.; Cunha, H. S.; Pavão, A. C.; Perfumes e Essências: A utilização de um Vídeo na Abordagem das Funções Orgânicas. *Química Nova na Escola* **2004**, 19, 15. [\[Link\]](#)
6. Silva, J. L.; Silva, D. A.; Martini, C.; Domingos, D. C. A.; Leal, P. G.; Filho, E. B.; Fiorucci, A. R.; A Utilização de Vídeos Didáticos nas Aulas de Química. *Química Nova na Escola* **2012**, 34, 189. [\[Link\]](#)
7. Souza, T. G.; Ferreira, R. Q.; Considerações Gerais sobre o uso do Meio Ambiente Virtual de Aprendizagem no Ensino de Química Analítica. *Revista Virtual de Química* **2016**, 8, 992. [\[CrossRef\]](#)
8. Santos, S. M. P.; *O Lúdico na formação do educador*, 8a. ed., Vozes: Petrópolis 2010.

9. Quílez-Pardo, J.; Solaz-Portolés, J. J.; Students and Teachers Misapplication of the Le Chatelier Principle. Implications for the Teaching of Chemical Equilibrium. *Journal of Research in Science Teaching* **1995**, *32*, 939. [CrossRef]
10. Raviolo, A.; Aznar, M. M.; Uma Revisión sobre las Concepciones Alternativas de los Estudiantes em la Relación con el Equilibrio Químico. Clasificación y Síntesis de Sugerencias Didáticas. *Educación Química* **2003**, *14*, 159. [CrossRef]
11. Araújo, C. A.; Santos, B. R.; Silva, E. F. R.; *Resumos do 10º Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias*, Sevilla, Espanha, 2017. [Link]
12. Borba, M. C.; Penteado, M. G.; *Informática e Educação Matemática*, 5a. ed., Autêntica: Belo Horizonte, 2016.
13. McDonald, K.; Examining PowerPointlessness. *Cell Biology Education* **2004**, *3*, 160. [CrossRef]
14. Sanches, C. E.; PowerPoint como ferramenta educacional e sua contextualização nas TICs. *Revista Tecnologias na Educação* **2016**, *15*, 1. [Link]
15. Lopes, A. C. C. B.; Chaves, E. V.; Animação como recurso didático no ensino da química: capacitando futuros professores. *Revista de Estudos e Pesquisas sobre Ensino Tecnológico* **2018**, *4*, 135. [Link]
16. Nouri, H.; Shahid, A.; The Effects of PowerPoint Lecture Notes on Student Performance and Attitudes. *The accounting educators' journal* **2008**, *18*, 103. [Link]
17. Nouri, H.; Shahid, A.; The Effect of PowerPoint Presentations on Student Learning and Attitudes. *Global Perspectives on Accounting Education* **2005**, *2*, 53. [Link]
18. Panucci-Filho, L.; Santos, C. A.; Almeida, L. B.; Vantagens e desvantagens sobre a aprendizagem percebidas pelos alunos de graduação do ensino presencial mediado com o PowerPointTM: um estudo exploratório. *Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio em Educación* **2011**, *9*, 95. [Link]
19. Moreno, E. L.; Heidelmann, S. P.; Recursos Instrucionais Inovadores para o Ensino de Química. *Química Nova na Escola* **2017**, *39*,12. [CrossRef]
20. Russel, J. B.; *Química Geral*, 2a. ed., Mc Graw -Hill do Brasil: São Paulo, 1982.
21. Kotz, J. C.; Treichel, P. M.; Weaver, G. C.; *Química Geral e Reações Químicas*: vol. 1, 6a. ed., Cengage Learning: São Paulo, 2009.
22. Atkins, P. W.; Jones, L.; *Princípios de Química – Questionando a Vida Moderna e o Meio Ambiente*, 2a. ed., Bookman: Porto Alegre, 2001.
23. Mahan, M.; Myers, R. J.; *Química: Um Curso Universitário*, 4a. ed., Edgard Blucher: São Paulo, 2018.
24. Feltre, R.; *Química Físico-Química*: vol. 2, 6a. ed., Moderna: São Paulo, 2004.
25. Ohlweiler, O.A.; *Química Analítica Quantitativa*: vol. 1, 2a.ed., LTC: Rio de Janeiro, 1978.
26. Ayres, G.H.; *Análise Químico Quantitativo*, 2a. ed., Harla & Row Latinoamericana: Buenos Aires, 1978.
27. Harris, D.C.; *Análise Química Quantitativa*, 8a. ed., LTC: Rio de Janeiro, 2012.
28. Almeida, E. B.; Deslocamento do Equilíbrio Químico Page. Disponível em:<<https://youtu.be/39fMmJGThZI>>. Acesso em: 9 fevereiro 2021.
29. Nunes, C. S.; Eichler, M. L.; O uso autogerenciado de videoaulas de química na preparação dos estudantes para exames de ingresso no ensino superior. *Revista Novas Tecnologias na Educação* **2018**, *16*, 636. [CrossRef]sé
30. Araújo, B. S. A.; Parreira Jr, W. M.; *Resumos do Workshop em Tecnologias, Linguagens e Mídias em Educação*, Uberlândia, Brasil, 2017. [Link] Cleber Martini, Diane Cristina Araújo Do, Diane Cristina Araújo