

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE QUÍMICA  
LICENCIATURA EM QUÍMICA

RAFAEL MARQUES MÜLLER

**VÍDEOS DO YOUTUBE SOBRE AS SIMULAÇÕES INTERATIVAS PHET DE  
QUÍMICA: UMA ANÁLISE SEGUNDO A TEORIA COGNITIVA DE  
APRENDIZAGEM MULTIMÍDIA**

Porto Alegre

2021

RAFAEL MARQUES MÜLLER

**VÍDEOS DO YOUTUBE SOBRE AS SIMULAÇÕES INTERATIVAS PHET DE  
QUÍMICA: UMA ANÁLISE SEGUNDO A TEORIA COGNITIVA DE  
APRENDIZAGEM MULTIMÍDIA**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado como requisito parcial à  
obtenção do título de licenciado em Química  
do Instituto de Química da Universidade  
Federal do Rio Grande do Sul.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Leandro Eichler

Porto Alegre

2021

## CIP - Catalogação na Publicação

Müller, Rafael Marques

Vídeos do YouTube sobre as simulações interativas PhET de química: Uma análise segundo a Teoria Cognitiva de Aprendizagem Multimídia / Rafael Marques Müller. -- 2021.

75 f.

Orientador: Marcelo Leandro Eichler.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Química, Licenciatura em Química, Porto Alegre, BR-RS, 2021.

1. vídeos educacionais. 2. simuladores PhET. 3. ensino remoto. 4. ensino de química. 5. teoria cognitiva de aprendizagem multimídia. I. Eichler, Marcelo Leandro, orient. II. Título.

## **AGRADECIMENTOS**

Diante da conclusão da formação do curso de Licenciatura em Química, faz-se necessário um agradecimento a todas as pessoas que fizeram parte do reconhecimento, em meio ao estudo, prática e relações pessoais, da importância não apenas da educação em química, mas do real poder de transformação social da educação. Antes de mais nada preciso agradecer nomes importantes como Paulo Freire e suas contribuições importantes para o Brasil e para o mundo por uma pedagogia libertadora, mas também outros como Jean Piaget, Lev Vygotsky, David Ausubel, e tantos outros que se dedicaram à compreensão do que se trata uma aprendizagem significativa, e todos aqueles inúmeros que hoje pesquisam e praticam nessa área num compromisso de transformar através da educação.

Ademais, meus agradecimentos vão primeiramente para minhas colegas de trabalho Vanessa de Amorim e Denise Bohn, cujo incentivo foi primordial para a conclusão dessa etapa; aos professores de estágio Maurícuis Pazinato, Camila Greff, Daniele Raupp, Lívia Streit e Nathália Simon, cuja dedicação, atenção e comprometimento foram imensamente inspiradores para a minha própria formação; a todos os colegas das turmas de estágio, cujas partilhas de vivências foram igualmente inspiradoras e me fizeram acreditar que os professores serão cada vez mais agentes de mudança na educação; às alunas e alunos das turmas de educação de jovens e adultos (EJA) 101 e 102 do segundo semestre de 2019 da Escola Estadual de Ensino Médio Anne Frank, que me fizeram descobrir que sou um professor; à professora Rochele Loguercio, cujas inspiradoras aulas foram muito importantes para fomentar ainda mais a curiosidade aos assuntos da filosofia da ciência e do método científico; e ao professor Marcelo Eichler, cuja notável clareza e objetividade na orientação deste trabalho foi fundamental para um sólido resultado.

## RESUMO

Diante das discussões sobre novas formas de ensinar no ensino remoto emergencial a partir da necessidade de isolamento social promovida pela COVID-19, o uso pedagógico adequado das TIC's faz-se um tema importante na educação. O projeto PhET Simulações Interativas disponibiliza gratuitamente simuladores educacionais na área de química, dentre outras áreas, e a abordagem desses simuladores em videoaulas de livre acesso disponíveis no YouTube foram analisadas à luz da Teoria Cognitiva de Aprendizagem Multimídia (TCAM), segundo a qual o aprendizado é mais efetivo quando palavras são apresentadas associadas a recursos pictoriais como imagens ou diagramas. Foram coletadas um total de 23 videoaulas nos idiomas português e inglês, das quais foram extraídas informações como canal e data de publicação, além de informações de repercussão como número de visualizações e de comentários. A categorização das videoaulas se deu em função do público alvo e da origem (responsável pela publicação). Numa etapa seguinte foi construída uma matriz de referência para análise em relação aos simuladores e conceitos tratados, à abordagem de ensino, e aos princípios da TCAM no contexto de videoaulas como apresentações multimídia. Os resultados indicaram uma ausência, no geral, da contextualização como estratégia didática, especialmente nas videoaulas cujo público alvo foram estudantes do ensino médio, bem como uma baixa exploração atividades exploratórias ou de investigação ou uso (ou menção) de guias de exploração como estratégia didática para o uso dos simuladores. Foram analisados um total de 14 critérios com base na TCAM, dentre os quais se destacam um uso inadequado de imagens e sons que não contribuem com o objetivo da apresentação (princípio da coerência), uma exploração razoável de técnicas de sinalização de conceitos importantes, uma ausência, no geral, de retomadas conceituais no início das videoaulas (princípio da pré- formação), uma predominância de linguagem coloquial com voz humana expressando emoções positivas (princípios da personalização e da voz), uma exploração parcial de técnicas de personificação como filmagem em primeira pessoa ou uso de gestos por parte do apresentador, e uma ausência, no geral, de propostas de atividades gerativas, ou seja, atividades que envolvem a participação ativa do aprendiz. Devido à complexidade do tema e diversidade de assuntos e público alvo das videoaulas selecionadas, a metodologia de análise se mostrou apenas parcialmente eficaz, mas promissora com as devidas adaptações por aqueles pesquisadores que venham a realizar novas análises semelhantes. Espera-se também que, diante de tais resultados, professores possam produzir e indicar videoaulas mais adequadas dentro do tema dos simuladores de química.

**Palavras-chave:** vídeos educacionais, simuladores PhET, ensino remoto, ensino de química, teoria cognitiva de aprendizagem multimídia.

## ABSTRACT

In view of the discussions on new ways of teaching in emergency remote teaching based on the need for social isolation promoted by COVID-19, the appropriate pedagogical use of ICT's becomes an important theme in education. The PhET Interactive Simulations project provides educational simulations free of charge in chemistry, among other areas, and the approach of these simulations in open access educational videos available on YouTube were analyzed based on the cognitive theory of multimedia learning (CTML), according to which learning is more effective when words are presented associated pictorial forms such as images or diagrams. A total number of 23 videos in Portuguese and English were selected, from which information such as publication date and channel were collected, in addition to repercussion information such as number of views and comments. The categorization of educational videos was based on the target audience and on the responsible for the publication. In a next step, an analysis matrix was built with criterias concerning the simulations and concepts dealt with, the teaching approach, and the principles of CTML in the context of educational videos as multimedia presentations. The results indicated an absence, in general, of contextualization as a didactic strategy, especially in video classes whose target audience was high school students, as well as a low exploration of exploratory or inquiry activities or use (or mention) of exploration guides as a strategy combined with the simulations. A total of 14 criteria based on CTML were analyzed, among which an inadequate use of images and sounds that do not contribute to the main concepts of the presentation (coherence principle), a reasonable exploration of techniques for signaling important concepts, an absence, in general, of an introduction of the concepts at the beginning of educational videos (pre-training principle), a predominance of conversational language with human voice expressing positive emotions (personalization and voice principles), a partial exploration of embodiment techniques such as filming in first person or use of gestures by the instructor, and an absence, in general, of proposals for generative activities, that is, activities that involve the active participation of the learner. Due to the complexity of the theme and the diversity of subjects and target audience of the selected videos, the analysis methodology proved to be only partially effective, but promising with the necessary adaptations by those researchers who may carry out new similar analyses. It is also expected that, in view of such results, teachers can produce and indicate more adequate educational videos within the theme of chemistry simulations.

**Keywords:** educational videos, PhET simulations, remote learning, chemistry learning, cognitive theory of multimedia learning.

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Objetivos pedagógicos do projeto PhET Simulações Interativas .....	12
Quadro 2 – Princípios de desenho do projeto PhET Simulações Interativas .....	13
Quadro 3 – Princípios baseados em evidência para a produção de videoaulas segundo a TCAM .....	17
Quadro 4 – Videoaulas da busca “phet química” .....	19
Quadro 5 – Videoaulas da busca “phet chemistry” .....	20
Quadro 6 – Classificação da origem das videoaulas.....	21
Quadro 7 – Classificação das videoaulas por público alvo .....	22
Quadro 8 – Matriz de análise dos conteúdos das videoaulas .....	24
Quadro 9 – Critérios de classificação para reduzir processamento estranho .....	26
Quadro 10 – Critérios de classificação para gerenciar processamento essencial.....	27
Quadro 11 – Critérios de classificação para estimular o processamento gerativo ....	28

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Esquema da Teoria Cognitiva de Aprendizagem Multimídia .....	15
Figura 2 – Número de ocorrências de cada simulador PhET nas videoaulas .....	32
Figura 3 – Gráfico da contextualização e abordagem pedagógica das videoaulas...	33
Figura 4 – Gráfico dos resultados da análise do princípio de coerência .....	38
Figura 5 – Captura de tela de tela da videoaula Q3 .....	39
Figura 6 – Gráfico dos resultados da análise do princípio de sinalização .....	40
Figura 7 – Gráfico dos resultados para a análise do princípio da contiguidade espacial .....	41
Figura 8 – Captura de tela do simulador “Monte um Átomo” .....	42
Figura 9 – Gráfico dos resultados para a análise do princípio de personificação.....	48
Figura 10 – Captura de tela exemplificando contato visual no vídeo C2.....	48
Figura 11 – Captura de tela exemplificando gesticulação na videoaula Q1 .....	49



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>8</b>
1.1 OS VÍDEOS EDUCACIONAIS E O YOUTUBE .....	10
1.2 O PROJETO PHET SIMULAÇÕES INTERATIVAS .....	12
1.3 TEORIA COGNITIVA DE APRENDIZAGEM MULTIMÍDIA (TCAM).....	14
1.4 OBJETIVOS .....	18
<b>2 DESENVOLVIMENTO</b> .....	<b>19</b>
2.1 METODOLOGIA.....	19
2.1.1 Categorização.....	21
2.1.2 Análise dos conceitos, simuladores e abordagem de ensino.....	22
2.1.3 Análise da TCAM .....	24
2.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
2.2.1 Conceitos de química e abordagem de ensino .....	31
2.2.2 Resultados da análise TCAM .....	37
2.2.2.1 <i>Princípios para redução do processamento estranho</i> .....	38
2.2.2.2 <i>Princípios para o gerenciamento do processamento essencial</i> .....	43
2.2.2.3 <i>Princípios para estimular o processamento gerativo</i> .....	45
<b>3 CONCLUSÃO</b> .....	<b>53</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>56</b>
<b>APÊNDICE A – DADOS DAS VIDEOAULAS DA BUSCA “PHET QUIMICA”</b> .....	<b>61</b>
<b>APÊNDICE B – DADOS DAS VIDEOAULAS SELECIONADAS DA BUSCA “PHET CHEMISTRY”</b> .....	<b>62</b>
<b>APÊNDICE C – PROPOSTA DE MATRIZ DE ANÁLISE ENVIADA PARA AVALIAÇÃO</b> .....	<b>63</b>
<b>APÊNDICE D – CATEGORIZAÇÃO, SIMULADORES E CONCEITOS APRESENTADOS NAS VIDEOAULAS</b> .....	<b>68</b>
<b>APÊNDICE E – ANÁLISE DA ABORDAGEM DIDÁTICA</b> .....	<b>69</b>
<b>APÊNDICE F – RESULTADOS DA ANÁLISE FUNDAMENTADA NOS PRINCÍPIOS DA TCAM</b> .....	<b>70</b>
<b>ANEXO A – PÁGINA DE GUIA DE EXPLORAÇÃO DO SITE PHET</b> .....	<b>71</b>
<b>ANEXO B – EXEMPLO DE GUIA DE EXPLORAÇÃO EM PORTUGUÊS</b> .....	<b>72</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A necessidade de isolamento social causada desde a declaração, pela Organização Mundial da Saúde, em janeiro de 2020, de que o surto do novo coronavírus (COVID-19), tratava-se de uma Emergência de Saúde Pública de Importância Internacional (ESPII) (ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE, 2020), despertou discussões dentro do contexto do ensino presencial e da necessidade de implantação em diversas instituições do Ensino Remoto Emergencial (ERE), especialmente numa busca por novas formas, ainda que provisórias, de ensinar, formas essas que minimizassem o impacto negativo do ERE, tendo em vista que o currículo da maior parte das instituições educacionais não foi desenhado para a modalidade remota. Em meio a isso "foi preciso pensar em atividades pedagógicas mediadas pelo uso da internet" (BEHAR, 2020).

Ainda que tais debates tenham aumentado durante a pandemia da COVID-19, o uso das tecnologias da informação e da comunicação (TIC's) como estratégias de ensino no ambiente escolar já estava em pauta em discussões anteriores. Johnson *et al.* (2012) apresentaram perspectivas para a educação básica brasileira para os anos de 2012 a 2017 que contemplavam aprendizagem baseada em jogos e usos de dispositivos móveis como celulares e tablets, além de ambientes de aprendizado online colaborativos. O estudo dos autores apontou tendências segundo as quais os paradigmas da educação estavam se "modificando para incluir o aprendizado online, o aprendizado híbrido e os modelos colaborativos", e pontuou desafios relacionados a formação dos educadores e à reformulação de metodologias de ensino e currículos.

Em sua obra dentro do contexto do uso de tecnologias no ensino da química, Leite (2015, p. 26) diz que

o conceito de tecnologia da informação e da comunicação (TIC) é utilizado para expressar a convergência entre a informática e as telecomunicações. As TIC's agrupam ferramentas informáticas e telecomunicativas como: televisão, vídeo, rádio, internet, etc., e todas essas tecnologias tem em comum a utilização de meios telecomunicativos que facilitam a difusão da informação.

O autor explica que o uso de tais tecnologias vem sendo incorporado cada vez mais no processo pedagógico, mas ainda que a cada momento surjam novas tecnologias como o celular e os softwares, "elas precisam ser compreendidas e incorporadas pedagogicamente". Além disso, aponta para o problema da exclusão

digital, “referente à falta de acesso às vantagens e aos benefícios trazidos por essas novas tecnologias, por motivos sociais, econômicos, políticos ou culturais”, e reforça a importância de medidas governamentais no sentido da inclusão digital.

Dentre as tecnologias da informação e da comunicação (TIC's) na educação se encontram o uso pedagógico de computadores, internet, softwares, celulares, videoaulas e outros. O uso de tais tecnologias na educação é, em tempos atuais, necessário independentemente de sua modalidade (LEITE, 2015) e, mesmo diante de um planejamento da retomada das atividades presenciais (SUL 21, 2021), o tema segue presente na educação.

Dentro do contexto das TIC's, os objetos de aprendizagem (OA) são recursos educacionais digitais que utilizam várias ferramentas de mídia, desde texto, vídeo, áudio ou até mesmo recursos mais complexos, e estão presentes em diferentes contextos virtuais de aprendizagem (SÁ; ALMEIDA; EICHLER, 2010). A interatividade é um fator importante para os OA's (SÁ; ALMEIDA; EICHLER, 2010; EICHLER, 2016), e ela dialoga com um processo de ensino-aprendizagem construtivista, ou seja, o ensino que é construído com participação ativa do estudante, valorizando seus conhecimentos prévios, divergindo de um ensino baseado em transmissão de conteúdos característico do empirismo. Ribeiro *et al.* (2016) destaca os simuladores dentre aqueles objetos de aprendizagem que possuem uma abordagem construtivista, e exemplifica com o simulador “Concentração”, um dos simuladores presentes no repositório digital do projeto PhET Simulações Interativas, que será abordado na seção 1.2.

A prática pedagógica construtivista entende que o conhecimento se dá não só pela interação do indivíduo com o meio físico, mas também social, e esse entendimento dialoga principalmente com a perspectiva sociointeracionista, onde uso dos OA's podem facilitar a socialização entre estudantes quando usado em sala de aula (RIBEIRO *et al.*, 2016). Eichler (2016) pontua algumas possíveis utilizações dos objetos educacionais digitais, como

- a) demonstração ou apresentação por parte do professor; b) iniciação de discussões em sala de aula ou on-line; c) componente de instrução direta por educação à distância; ou d) instrumento de mediação em atividades de resolução de problemas ou como assunto de uma investigação. Além disso, os estudantes podem usar os objetos de aprendizagem em estudos independentes ou como tarefa de um componente curricular.

A interatividade é apontada por Eichler (2016) como um exemplo de boa prática para o desenho de objetos de aprendizagem. O autor cita o software educativo *KC Discover*, que trabalha a tabela periódica e ao invés de explorar uma pedagogia focada na memorização das propriedades periódicas dos elementos, possibilita “atividades didáticas relacionadas ao desenvolvimento das habilidades de leitura e interpretação de gráficos e de tabelas”, atividades que estariam adequadas a uma abordagem ativa de ensino.

Exemplos de objetos de aprendizagem, os vídeos educacionais e os simuladores podem ser alternativas para estratégias de ensino. Os simuladores PhET, desenvolvidos e disponibilizados gratuitamente pela Universidade do Colorado em Boulder (EUA), muito embora não sejam brasileiros, possuem tradução para o português (UNIVERSIDADE DO COLORADO, 2021). A escolha de objetos de aprendizagem internacionais pode ser interessante para o ensino de química por eventualmente apresentar um maior nível de elaboração, principalmente quanto aos recursos de programação do software (SÁ; ALMEIDA; EICHLER, 2010).

A pesquisa aqui apresentada, de caráter qualitativo, coletou informações da plataforma de vídeos YouTube através de uma busca por produções audiovisuais que abordassem o tema dos simuladores do projeto PhET Simulações Interativas. Um total de 23 videoaulas nos idiomas inglês e português foram estudadas numa análise que abrangeu os conteúdos dos vídeos como conceitos de química abordados, a presença de contextualização, a abordagem pedagógica e a adequação das videoaulas à luz da Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia (TCAM) de Mayer. Foi construída uma matriz de análise para os vídeos, descritas com maiores detalhes na metodologia.

Neste mesmo capítulo de introdução encontra-se a revisão bibliográfica, onde os objetos de estudo são apresentados de forma mais detalhada, e ao final os objetivos do trabalho. A seguir, no desenvolvimento, a metodologia é descrita detalhadamente e após os resultados obtidos com a pesquisa são discutidos à luz do referencial teórico. Por fim o capítulo de conclusão faz uma síntese das contribuições do trabalho e busca propor melhoramentos e propostas para trabalhos futuros.

## 1.1 OS VÍDEOS EDUCACIONAIS E O YOUTUBE

A linguagem audiovisual está presente em diversos campos da vida social nos tempos atuais e sua utilização demanda, além do domínio do tema, o conhecimento

de recursos tecnológicos, capacidade de expressar-se de forma eficiente, dentre outras necessidades. Leite (2015, p. 307) pontua que seu uso no ambiente da educação deve ser acompanhado de planejamento, discussões e atividades relacionadas ao vídeo. O autor cita algumas formas do uso de vídeos no ensino de química, como “para introduzir, motivar, ilustrar ou concluir um trabalho de ensino e aprendizagem” permitindo uma “abordagem contextualizada e interdisciplinar de uma determinada realidade” (LEITE, 2015, p. 311).

O YouTube é a maior plataforma mundial para criação, compartilhamento e descoberta de vídeos (COVINGTON; ADAMS; SARGIN, 2016). Além de sua popularidade, já foi reconhecida pelo seu potencial educacional, sendo também uma ótima ferramenta para que professores, estudantes e demais usuários possam distribuir vídeos sobre temas da química. A plataforma possui a vantagem óbvia de disponibilizar uma grande quantidade de vídeos em diversas áreas de forma gratuita. É possível ainda organizar planos de aula agrupando vídeos em *playlists* (LEITE, 2015, p. 335; SNELSON, 2011). Além disso, as pesquisas de Nunes e Eichler (2018) sugerem uma popularidade no uso autogerenciado de videoaulas na preparação para o ingresso no ensino superior.<sup>1</sup>

Existem três formas diferentes de encontrar vídeos no YouTube: através da página inicial do site; através da busca por resultados na barra de procura; e através dos vídeos sugeridos para a visualização de espectadores na sequência de algum vídeo específico. Cada uma dessas formas possui uma maneira de seleção de vídeos diferente, que funciona através de algoritmos de recomendação (COOPER, 2021). Muito embora as maneiras mais frequentes de acesso a vídeos no YouTube sejam através da página inicial e dos vídeos sugeridos, aqueles vídeos do tipo instrucionais são mais acessados através da barra de pesquisa (COVINGTON; ADAMS; SARGIN, 2016).

Na busca por vídeos na barra de pesquisa, são priorizados três elementos nos resultados das pesquisas: a relevância, estimada através da análise dos títulos, *tags* (palavras chave) e descrições dos vídeos; o envolvimento, estimado através de dados de audiência como o tempo de exibição de cada vídeo; e a qualidade, que se refere à seleção daqueles canais que demonstram confiabilidade, autoridade e

---

<sup>1</sup> O antigo recurso de anotações já pôde ser usado na plataforma para aumentar a interatividade das videoaulas, conectando vídeos através de links na própria tela do vídeo. Infelizmente esse recurso não está mais disponível desde o ano de 2019 (SNELSON 2010; Humphries, 2018).

especialidade em determinado assunto. Além desses três fatores, o YouTube também faz uma personalização dos resultados, ou seja, seleciona resultados diferentes para cada usuário com base em seus dados como histórico de pesquisa e exibição (YOUTUBE, 2021).

## 1.2 O PROJETO PHET SIMULAÇÕES INTERATIVAS

O projeto PhET Simulações Interativas da Universidade do Colorado em Boulder (EUA) já desenvolveu, desde 2002, mais de uma centena de simuladores nas áreas de ciências da natureza e matemática usados nos níveis de ensino *elementar*, *middle* e *high school* (correspondendo à educação básica no Brasil) e até níveis superiores de ensino. Eles são amplamente utilizados ao redor do globo e estão disponibilizados gratuitamente no site da universidade (MOORE *et al.*, 2014; UNIVERSIDADE DO COLORADO, 2021).

Os simuladores são criados por profissionais de áreas como educação e desenvolvimento de softwares, e muitos dos objetivos pedagógicos do desenho dos softwares, apresentados no Quadro 1, estão alinhados a uma perspectiva construtivista da aprendizagem, como pontuado por Lancaster *et al.* (2013).

Quadro 1 – Objetivos pedagógicos do projeto PhET Simulações Interativas

Objetivo	Descrição
<b>Engajamento com a exploração científica</b>	Estudantes propõem suas próprias questões, fazem predições, e usam evidência como suporte de suas ideias. Estudantes constroem conhecimento a partir de seu conhecimento prévio, monitorando e refletindo sobre seu conhecimento na medida em que exploram.
<b>Apropriação do aprendizado</b>	Estudantes experimentam autonomia ao direcionar sua própria exploração do simulador.
<b>Desenvolver entendimento conceitual</b>	Estudantes desenvolvem um entendimento de modelos teóricos. Estudantes deduzem relações de causa e efeito e sistematizam através de múltiplas representações.
<b>Fazer conexões com o cotidiano</b>	Estudantes fazem conexões de ideias científicas com suas experiências cotidianas, reconhecendo a ciência como uma ferramenta para compreender o mundo.
<b>Visão da ciência como acessível e agradável</b>	Estudantes se engajam com práticas científicas autênticas e desenvolvem sua identidade enquanto uma pessoa que usa o pensamento científico. Estudantes demonstram mais interesse pela ciência.

Fonte: Lancaster *et al.*, 2013. Tradução própria.

Além dos objetivos pedagógicos, o projeto PhET possui objetivos de acessibilidade, segundo os quais os simuladores devem ser disponibilizados gratuitamente na internet, podendo ser baixados para uma quantidade ilimitada de

dispositivos, e ainda serem usados em uma diversidade de ambientes educacionais, como em laboratórios, em aulas, em tarefas de casa, escolas virtuais, educação informal além de suportarem uma variedade de abordagens pedagógicas.

Os princípios de desenho dos simuladores são apresentados no Quadro 2.

Quadro 2 – Princípios de desenho do projeto PhET Simulações Interativas

Princípio	Descrição
<b>Interatividade</b>	Os simuladores permitem aos estudantes interação com parâmetros chave para entendimento conceitual (por exemplo, adicionar ou remover soluto de uma solução).
<b>Resposta imediata</b>	Cada interação resulta numa resposta imediata (por exemplo, mudança de cor do soluto) que dá suporte para os estudantes responderem suas próprias questões enquanto exploram algum recurso ou fenômeno.
<b>Múltiplas representações</b>	Os estudantes podem explorar e fazer conexões entre múltiplas representações (por exemplo, relacionar representações pictóricas e simbólicas de dipolos).
<b>Ações pedagógicas</b>	Os simuladores permitem ações difíceis ou impossíveis no mundo real que podem promover <i>insights</i> difíceis de atingir por outras vias (por exemplo, permitir estudantes variar a eletronegatividade de átomos genéricos e observar o efeito produzido nas ligações).
<b>Interface intuitiva</b>	A interface intuitiva suporta o engajamento e exploração do simulador pelo estudante minimizando as barreiras para a utilização (por exemplo, uma tela inicial simples com opções para aumentar a complexidade).
<b>Conexões com a vida real</b>	Sempre que possível os simuladores são desenhados para fazer conexões entre conceitos científicos e a vida real dos estudantes.
<b>Jogos e desafios</b>	Os simuladores são desenhados para ser divertidos e promover engajamento, curiosidade e um sentimento de desafio que motiva o estudante a explorar e interagir.
<b>Orientação implícita</b>	Os simuladores guiam os estudantes de forma implícita (ao contrário de explícita). Os estudantes são guiados sem sentirem-se guiados. A orientação implícita se dá através de uma escolha cuidadosa do escopo, cor e localização dos objetos disponíveis, interatividade, <i>feedback</i> , e sequenciamento de conceitos através de abas.

Fonte: Moore *et al.*, 2014. Tradução própria. Adaptado.

Os simuladores são desenhados para contemplar um amplo conjunto de necessidades do professor, podendo ser incorporados em demonstrações, discussões interativas, atividades em sala de aula, laboratórios e trabalhos de casa, podendo ser usados para descobrir, demonstrar, comunicar, aplicar ou testar uma ideia (MOORE *et al.*, 2014). Além disso, são especialmente desenhados para suportar atividades de investigação guiadas (MOORE *et al.*, 2014; MOORE; HERZOG; PERKINS, 2013).

### 1.3 TEORIA COGNITIVA DE APRENDIZAGEM MULTIMÍDIA (TCAM)

Mayer (2009) desenvolveu a Teoria Cognitiva de Aprendizagem Multimídia<sup>2</sup> (TCAM), cuja premissa básica é a de que “as pessoas aprendem melhor através de palavras e imagens do que apenas palavras”. Ela se orienta por três princípios:

- a) duplo canal, segundo o qual o ser humano possui canais separados para processar imagens e sons;
- b) capacidade limitada, segundo o qual o ser humano possui uma capacidade de processamento limitada em cada um desses canais;
- c) e processamento ativo, segundo o qual os seres humanos se envolvem na aprendizagem ativa de seleção de informações de entrada, organizando informações selecionadas em representações mentais coerentes e integrando representações mentais com o conhecimento prévio (MAYER, 2009, p. 63).

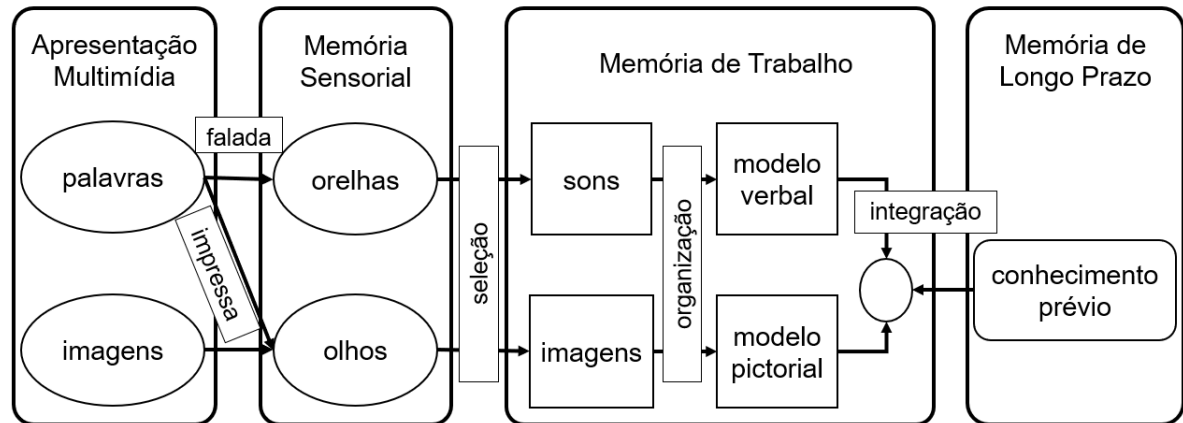
A Figura 1 apresenta um modelo de como se dá o aprendizado de acordo com a TCAM. O princípio do duplo canal é representado por ambas as linhas no esquema, onde a linha superior representa o canal auditivo, enquanto a linha inferior representa o canal visual. A capacidade limitada é representada pelo retângulo da memória de trabalho e o processamento ativo pelas flechas indicando a seleção e organização de palavras e imagens e pelas flechas indicando a integração dos modelos verbais e visuais com o conhecimento prévio do aprendiz.

---

<sup>2</sup> Identificou-se o uso da expressão “multimodal” para traduções no idioma português como alternativa para o termo “multimídia”, como no trabalho de Lima-Duarte e Reinaldo (2019), tanto para o nome da teoria quanto para o princípio central da mesma, o princípio multimídia, ou outros casos como o conceito de apresentação ou de instrução multimídia. Neste trabalho, optou-se pelo uso da expressão “multimídia” em todos estes casos.



Figura 1 – Esquema da Teoria Cognitiva de Aprendizagem Multimídia



Fonte: Adaptado<sup>3</sup> de Mayer (2009, p. 62), Tonia A. Dousay<sup>4</sup> e Lima Duarte; Reinaldo (2019).

Uma apresentação multimídia é composta por palavras e imagens, representadas ao lado esquerdo na imagem. O segundo quadro representa a memória sensorial, que vai envolver a audição (orelhas) e a visão (olhos). A via de entrada sensorial das imagens é a visão, enquanto as vias de entrada sensorial das palavras podem ser tanto a visão quanto a audição, a depender se trata-se de palavras escritas ou faladas. As informações da memória sensorial possuem vida curta, mas parte delas são selecionadas pelo aprendiz e transferidas à memória de trabalho, onde ele pode organizar sons e imagens brutos (à esquerda na figura) em um modelo verbal e um modelo pictorial, respectivamente (à direita na figura), com conexões entre ambos. As flechas entre “sons” e “imagens” representam a capacidade de um som, como por exemplo aquele referente ao nome de um objeto, produzir a imagem do mesmo objeto na memória de trabalho, e vice-versa. Por fim ocorre a integração do modelo pictorial e verbal com o conhecimento prévio ativado da memória de longo prazo. O novo conhecimento pode, por fim, ser armazenado na memória de longo prazo, que possui capacidade ilimitada para o conhecimento significativo (MAYER, 2009; MAYER, 2021).

Mayer (2021) propõe um total de 14 princípios baseados em evidência a partir de estudos prévios na TCAM para o design de vídeos educacionais. Cada princípio (com exceção do princípio multimídia) possui um dos três seguintes objetivos:

<sup>3</sup> Disponível para download e edição em [https://drive.google.com/drive/folders/13iZ0E5\\_VUhZDCAPbkWN0iz2zp-KbFftl](https://drive.google.com/drive/folders/13iZ0E5_VUhZDCAPbkWN0iz2zp-KbFftl).

<sup>4</sup> Disponível em: <https://pt.slideshare.net/ebloomsie/cognitive-theory-of-multimedia-learning>. Acesso em 7 de nov. 2021.

- a) reduzir o processamento estranho, ou seja, aquele processamento que não serve ao objetivo instrucional, removendo elementos desnecessários;
- b) gerenciar o processamento essencial, aquele que se refere aos conteúdos essenciais de acordo com o objetivo de aprendizagem da apresentação multimídia;
- c) e promover o processamento gerativo (aquele através do qual o aprendiz organiza as informações em novo conhecimento de forma ativa, representado pelas flechas de “organização” e “integração” na Figura 1) através de estratégias que promovam a motivação do estudante.

O Quadro 3 apresenta cada um dos princípios propostos por Mayer, juntos de sua descrição e exemplo de aplicação em videoaulas.

Quadro 3 – Princípios baseados em evidência para a produção de videoaulas segundo a TCAM

<b>Princípio</b>	<b>Descrição</b>	<b>Exemplo</b>
<b>Multimídia</b>	Apresentar palavras e gráficos ao invés de apenas palavras	Vídeo apresenta palavras e gráficos
<b>Reduzir processamento estranho</b>		
<b>Coerência</b>	Evitar materiais estranhos ao objetivo central da videoaula	Evitar slides com grandes logos ou planos de fundo coloridos
<b>Sinalização</b>	Indicar conceitos centrais	O instrutor aponta àqueles elementos aos quais se refere
<b>Redundância</b>	Não adicionar legendas à narração	Vídeo não contém legendas (exceto quando as palavras são técnicas ou no segundo idioma do aprendiz)
<b>Contiguidade espacial</b>	Posicionar textos próximos às partes correspondentes nos gráficos	Slides contém palavras próximas aos gráficos correspondentes
<b>Contiguidade temporal</b>	A narração é sincronizada com o material visual	A narração do instrutor é sincronizada com os slides
<b>Gerenciar processamento essencial</b>		
<b>Segmentação</b>	Segmentar uma aula complexa em partes sucessivas sob o controle do aprendiz	Permitir que o estudante pressione um botão para dar segmento ao próximo slide da videoaula
<b>Pré-formação</b>	Providenciar uma formação prévia sobre os nomes e características dos conceitos centrais	O vídeo apresenta uma introdução com nomes e características dos conceitos centrais
<b>Modalidade</b>	Apresentar palavras no formato de narração	O vídeo inclui a voz do instrutor
<b>Estimular processamento gerativo</b>		
<b>Personalização</b>	Usar linguagem coloquial	Instrutor fala em primeira e segunda pessoa usando expressões como “eu”, “você”, “nós”, e/ou “vamos”
<b>Voz</b>	Usar voz humana agradável	Instrutor fala com voz amigável que transmite uma emoção positiva
<b>Imagem</b>	Não apresentar imagem estática do instrutor	O vídeo não contém uma janela com a foto do instrutor
<b>Personificação</b>	Apresentar gestos do instrutor	Instrutor escreve e desenha no quadro na medida em que leciona; instrutor mantém contato visual enquanto leciona; instrutor faz gestos dinâmicos na medida em que leciona; demonstração é filmada com perspectiva em primeira pessoa
<b>Atividade gerativa</b>	Inserir atividades de aprendizado gerativas	O instrutor orienta o estudante a escrever uma breve explicação de cada etapa do vídeo

Fonte: Mayer, 2009. Tradução própria.

## 1.4 OBJETIVOS

O objetivo geral deste estudo foi identificar, classificar e analisar videoaulas de livre acesso produzidas nos idiomas inglês e português que abordam o uso dos simuladores PhET no contexto do ensino de química.

Como objetivos específicos devem ser citados:

- a) identificar e discutir a presença de métodos ativos e uso de guias exploratórios nas videoaulas selecionadas;
- b) identificar a presença de contextualização nos vídeos selecionados e discutir os tipos de contextualização presentes;
- c) construir uma metodologia de análise eficiente para aquelas videoaulas selecionadas de acordo com a TCAM;
- d) identificar se as videoaulas destinadas são adequadas para estudantes de química e do ensino de química do ponto de vista da TCAM;
- e) discutir a exploração das potencialidades educativas dos simuladores nas videoaulas segundo seus princípios pedagógicos e de desenho de forma emergente na discussão dos resultados conforme os objetivos anteriores;
- f) levantar sugestões de práticas a seguir ou a evitar para professores que venham produzir videoaulas semelhantes às aquelas exploradas no trabalho;
- g) comparar as videoaulas produzidas em português e em inglês, discutindo quais as diferenças encontradas em função da diferença de contexto.

## 2 DESENVOLVIMENTO

As próximas seções se referem à parte central do trabalho onde será apresentada de forma pormenorizada a metodologia e serão feitas a discussão dos resultados obtidos.

### 2.1 METODOLOGIA

O trabalho desenvolvido trata-se de uma pesquisa documental cuja primeira etapa envolveu uma busca na plataforma YouTube pelos resultados da expressão “phet química”, realizada no dia 12 de junho de 2021. Foram coletados os 20 primeiros resultados, mas apenas os 12 primeiros foram usados na análise, os quais se encontram descritos no Quadro 4.

Quadro 4 – Videoaulas da busca “phet química”

Código	Título	Canal	Link
Q1	Química - Zé Geraldo. Simulação sobre concentrações químicas (PhET Colorado)	Deu Química! Zé Geraldo	<a href="https://youtu.be/FuL9ZrSm_ml">https://youtu.be/FuL9ZrSm_ml</a>
Q2	PhET Simulador   Você só da aula?	Você só dá aula?	<a href="https://youtu.be/K1MNpXIInnQE">https://youtu.be/K1MNpXIInnQE</a>
Q3	PhET Química - Construir um átomo	Química Invertida - Prof. Isael Minzon	<a href="https://youtu.be/3Sc6NYIAJjs">https://youtu.be/3Sc6NYIAJjs</a>
Q4	DETERMINANDO O pH DE SUBSTÂNCIAS ÁCIDAS E BÁSICAS COM O SIMULADOR "PhET"	Vagnão da Química	<a href="https://youtu.be/sw3JA8XaUb8">https://youtu.be/sw3JA8XaUb8</a>
Q5	A melhor ferramenta para você dinamizar suas aulas online   PhET Química	Universidade da Química	<a href="https://youtu.be/CmOvzZK14IQ">https://youtu.be/CmOvzZK14IQ</a>
Q6	SIMULAÇÕES PhET PARA O ENSINO REMOTO NAS AULAS DE QUÍMICA	DAQ UFPE	<a href="https://youtu.be/F5qGyRYmbEo">https://youtu.be/F5qGyRYmbEo</a>
Q7	SIMULAÇÃO PhET - BALANCEAMENTO DE EQUAÇÕES QUÍMICAS	ExataMente	<a href="https://youtu.be/V06e4tug0OA">https://youtu.be/V06e4tug0OA</a>
Q8	PhET Química - Estados Físicos da Matéria	Química Invertida - Prof. Isael Minzon	<a href="https://youtu.be/1ARiXqMx7ao">https://youtu.be/1ARiXqMx7ao</a>
Q9	PHET - Universidade do Colorado x Deu Química! Entendendo as concentrações	Deu Química! Zé Geraldo	<a href="https://youtu.be/RCT2RyxNwAs">https://youtu.be/RCT2RyxNwAs</a>
Q10	PhET - Balanceamento Químico   Caio Faiad	Caio Faiad	<a href="https://youtu.be/VyJdK2riq-U">https://youtu.be/VyJdK2riq-U</a>
Q11	Faça simulações incríveis em sua sala de aula com PHET!	Professor Original	<a href="https://youtu.be/K62CMPyymLg">https://youtu.be/K62CMPyymLg</a>
Q12	Apresentando o PhET COLORADO como ferramenta pedagógica	Física com Mestre Roger	<a href="https://youtu.be/z4cibcLgyOo">https://youtu.be/z4cibcLgyOo</a>

Fonte: Elaboração própria.

Uma segunda busca no dia 20 de agosto de 2021 pela expressão “phet chemistry” selecionou novas 12 videoaulas na língua inglesa, que se encontram descritas no Quadro 5. Ambas as pesquisas foram realizadas em uma janela anônima do navegador Google Chrome, ou seja, sem uma conta logada associada à pesquisa, para minimizar os efeitos da personalização dos resultados promovida pelo algoritmo da plataforma.

Quadro 5 – Videoaulas da busca “phet chemistry”

<b>Código</b>	<b>Título</b>	<b>Canal</b>	<b>Link</b>
<b>C1</b>	Introduction to How to Use PhET Simulations	Sarah English	<a href="https://youtu.be/ygzuzakgvH4">https://youtu.be/ygzuzakgvH4</a>
<b>C2</b>	How to Balance Equations Using the PhET Simulation - Balancing chemical equations online practice	Straight Science	<a href="https://youtu.be/k74YGRT1kek">https://youtu.be/k74YGRT1kek</a>
<b>C3</b>	How to Build an Atom - Phet Simulation	Wortho's Math, Chemistry and Science Help	<a href="https://youtu.be/wGEV7JPreC8">https://youtu.be/wGEV7JPreC8</a>
<b>C4</b>	PhET - Balanceamento Químico   Caio Faiad	Caio Faiad	<a href="https://youtu.be/VyJdK2riq-U">https://youtu.be/VyJdK2riq-U</a>
<b>C5</b>	Instructions for pHET Build a Molecule Simulation	Melanie Edens	<a href="https://youtu.be/H3rrOt9ma2E">https://youtu.be/H3rrOt9ma2E</a>
<b>C6</b>	Boyle's Law - Boyle's Law Simulation - Boyle's Law Animation - Boyle's Law PhET Simulation	Engineering Made Easy	<a href="https://youtu.be/q_c5iBkszQ">https://youtu.be/q_c5iBkszQ</a>
<b>C7</b>	Chemistry - Gases - PHET Simulation (temperature, pressure, volume, amount)	John Collier	<a href="https://youtu.be/AAHuIF3pHsg">https://youtu.be/AAHuIF3pHsg</a>
<b>C8</b>	HChem304B MNVA Unit2 Lab solubility PhET	MsRScienceClassK12	<a href="https://youtu.be/18MAziyrTQs">https://youtu.be/18MAziyrTQs</a>
<b>C9</b>	PhET States of Matter	David Walsh	<a href="https://youtu.be/w1wOw-frclg">https://youtu.be/w1wOw-frclg</a>
<b>C10</b>	PhET Free online physics, chemistry, biology, earth science and math simulations Google Chrome 20	Erik Lopez	<a href="https://youtu.be/lfOsdkFAQ-M">https://youtu.be/lfOsdkFAQ-M</a>
<b>C11</b>	How to use the PhET Build an Atom simulation	Royal Society Of Chemistry	<a href="https://youtu.be/IQtP5Uok7Ng">https://youtu.be/IQtP5Uok7Ng</a>
<b>C12</b>	Atomic Interactions screencast v4.4	ChemSims Project	<a href="https://youtu.be/pfwV9GYvCkU">https://youtu.be/pfwV9GYvCkU</a>

Fonte: Elaboração própria.

Como pode-se observar na primeira coluna de cada um dos Quadros 4 e 5, os vídeos foram designados com letras e números de acordo com o idioma e a posição de relevância da busca (por exemplo, o vídeo Q3 se refere ao terceiro vídeo da busca por “phet química”, enquanto o vídeo C12 é o décimo segundo vídeo da busca por “phet chemistry”). Essa codificação será adotada como referência aos vídeos a partir de agora.

Os dados de ambos conjuntos de vídeos foram coletados em uma planilha (apêndices A e B), incluindo título do vídeo, canal, link, duração, data de publicação, idioma, disponibilidade e idioma da legenda, número de seguidores, número de visualizações, número de “gostei” e “não gostei” pela avaliação do público, e número de comentários.

Ainda que o YouTube se trate de uma plataforma livre de compartilhamento de vídeos, produções amadoras não foram excluídas da pesquisa. O vídeo C4, no entanto, foi excluído da análise por se tratar de um vídeo em português duplicado (igual a Q10), resultando em um corpo de 12 vídeos em português e 11 em inglês, já que no caso vídeos restantes o idioma da busca concordou com o idioma do vídeo.

A origem das videoaulas também foi analisada. Foram encontradas quatro categorias, descritas no Quadro 6 ao lado dos códigos usados para identificação.

Quadro 6 – Classificação da origem das videoaulas

Origem	Código
Professor independente	PI
Trabalho ou projeto acadêmico	TA
Grupo de pesquisa	GP
Instituição	IN

Fonte: Elaboração própria.

Após uma visualização prévia do material os vídeos foram categorizados segundo o público alvo e a seguir foi construída uma matriz de análise, como descrito nas próximas seções.

### 2.1.1 Categorização

Antes de uma exploração mais profunda do material foi realizada uma categorização dos vídeos. Partindo-se da importância de compreender o contexto da criação do material analisado, ou seja, qual foi o seu propósito ou finalidade e qual o público alvo, foram identificadas duas categorias de vídeos a partir de uma visualização prévia dos vídeos selecionados. Alguns se tratam de produções direcionadas a um público alvo de estudantes especialmente do ensino médio, e por isso abordam conceitos de química (dentre outros conceitos das áreas de ciência da natureza e matemática). Outros possuem como público alvo professores de ciência e estudantes de licenciatura em ciências, e por isso abordam principalmente conteúdos do ensino de ciências, especialmente do ensino de química. Esses últimos foram

classificados como videoaulas do tipo (EQ), enquanto os primeiros como videoaulas do tipo (CQ), como no Quadro 7. Essa classificação deverá ser útil na discussão dos resultados da análise.

Quadro 7 – Classificação das videoaulas por público alvo

Público alvo	Tema	Classificação
Estudantes de química do ensino básico	Conceitos de química	CQ
Professores e estudantes do ensino superior	Ensino de química	EQ

Fonte: Elaboração própria.

Para fins de análise, ainda que o objetivo dos vídeos (CQ) seja primeiramente educacional, ou seja, promover aprendizagem de conceitos de química, o que não é o caso dos vídeos (EQ), esses últimos são entendidos aqui como vídeos educacionais da didática da química, e por isso serão submetidos à análise enquanto vídeos educacionais.

### 2.1.2 Análise dos conceitos, simuladores e abordagem de ensino

A metodologia do presente trabalho envolveu a criação de uma matriz de análise que foi validada por autoridades da educação (apêndice C). Participaram da avaliação o Prof. Dr. Bruno Silva Leite (Universidade Federal Rural de Pernambuco), Profa. Dra. Glaucia R. Gonzaga (Universidade Federal Fluminense) e a Profa. Dra. Daniele Trajano Raupp (Universidade Federal do Rio Grande do Sul).

Em ambas as categorias (CQ) e (EQ) foram identificados os simuladores PhET que são abordados, os conceitos de química tratados e eventuais erros conceituais apresentados referentes a esses conceitos. Também se espera que a contextualização esteja presente em ambos, ainda que nos vídeos do tipo (CQ) ela se trate de uma estratégia didática histórica, metodológica, ou socioambiental (FIDELIS; GIBIN, 2016), trazendo ou não referências históricas ou filosóficas do desenvolvimento dos conceitos químicos (NIAZ, 2012), enquanto nos vídeos do tipo (EQ) se trate de uma contextualização das realidades escolares, ou seja, se o vídeo apresenta uma discussão no sentido da aplicabilidade, efetividade, acessibilidade e/ou viabilidade dos recursos PhET em diferentes escolas e realidades socioeconômicas, ou no sentido da exclusão e inclusão digitais. Ainda nos vídeos do tipo (EQ), a contextualização também pode se dar pela exploração dos recursos



presentes nos simuladores PhET, que são desenhados para que se possa fazer conexões com o cotidiano (LANCASTER *et al.*, 2013).

Dada a importância de guias de exploração do software para o uso em aula orientado pelo professor que identifiquem caminhos importantes de aprendizado para o estudante preservando uma abertura e flexibilidade característicos de uma aprendizagem construtivista (PAIVA; COSTA, 2010), o presente trabalho identificou se há proposição ou menção de tais guias nos materiais, ou ainda de outras propostas ativas de investigação ou de resolução de problemas (EICHLER, 2016). Ou ainda a exploração de métodos ativos, aqueles métodos de ensino se baseiam em, mais do que apenas ações concretas, ações acompanhadas por reflexão do indivíduo e interação com o objeto (ROSSO; TAGLIEBER, 1992). A ideia geral dos métodos ativos é “propor atividades em que os alunos possam observar, discutir, experimentar, dialogar, cooperar e descobrir” (COLVARA, 2019).

A observação da contemplação de tais atividades nos vídeos parte da proposta de que vídeos do tipo (CQ) vão usar guias ou mesmo propor atividades de investigação, enquanto vídeos do tipo (EQ) vão propor o uso de tais atividades como sugestão para professores, direcionando o professor para uma otimização do uso dos simuladores PhET.

O Quadro 8 lista as questões referentes à discussão levantada nessa seção. As respostas para cada pergunta, individuais para cada videoaula, deverão ser uma listagem dos simuladores e dos conceitos nas primeiras duas questões. O nível de ensino dos conceitos de química abordados deverá definir o vídeo nos níveis fundamental (FUND), médio (MED) ou superior (SUP). Em relação à presença de erros conceituais, devem ser respostas do tipo “SIM” ou “NÃO” definidas a partir da visualização integral das videoaulas.

Quadro 8 – Matriz de análise dos conteúdos das videoaulas

<b>Código</b>	<b>Critério</b>	<b>Tipo de Resposta</b>
1-A	Quais os simuladores de química abordados?	Listagem dos simuladores
2-A	Quais os conceitos de química tratados?	Listagem dos conceitos centrais
3-A	Qual o nível de ensino dos conceitos de química?	FUND/MED/SUP
4-A	Foram encontrados erros conceituais de química?	SIM/NÃO/NA*
1-B	Há contextualização?	S/M/N
2-B	Propõe ou usa guias exploratórios?	S/M/N
3-B	Propõe ou explora métodos ativos?	S/M/N

Fonte: Elaboração própria. \*NA: não se aplica.

As três últimas questões devem possuir respostas semelhantes à análise proposta por Niaz (1998) para identificação da reconstrução histórica e filosófica de conceitos de estrutura atômica nos livros didáticos de química, satisfatórias (S), para vídeos que explorem ou possuam conteúdo explicativo sobre a questão; (M), para vídeos que citam ou façam menção; ou (N), para vídeos que não mencionam nem exploram a questão.

Essas últimas questões, que se tratam de abordagens e metodologias de ensino, foram designadas com os códigos 1-B, 2-B e 3-B. As quatro primeiras questões, que se referem aos simuladores PhET e os conceitos de química tratados, foram designadas como 1-A, 2-A, 3-A e 4-A. Essa codificação será usada nos parágrafos seguintes para referência a essas questões.

### 2.1.3 Análise da TCAM

A adequação dos vídeos com as propostas da TCAM (Mayer, 2021) foi feita de acordo com os princípios descritos na Quadro 3. Vídeos que contemplaram isoladamente cada critério de forma satisfatória foram classificados como (S); vídeos que não contemplam, como (N), ou ainda (P) para vídeos que contemplam parcialmente cada princípio.

Os estudos de Mayer (2009) com a aprendizagem multimídia se dão no sentido de inserir gráficos efetivos em apresentações verbais. Portanto a natureza desses gráficos, a sua qualidade e efetividade, são importantes. No entanto, antes de mais nada, deve-se identificar se os vídeos possuem palavras e imagens em maior ou menor grau, ou seja, o quanto exploram o uso de palavras e imagens numa videoaula. Por esse motivo as videoaulas foram avaliadas em relação à adequação ao princípio multimídia (ver Quadro 3) de acordo com os seguintes critérios:

- a) (S), se utiliza narração, legenda, ou texto e imagens de forma satisfatória;
- b) (P), se subutiliza parcialmente narração, legenda ou texto ou se subutiliza parcialmente imagens (por exemplo, não apresenta muita narração ou legenda, mas apenas animações; ou então apresenta muita narração que às vezes não é acompanhada por gráficos ou imagens);
- c) (N), subutiliza narração, legenda ou textos muito escassos e/ou subutiliza imagens.

De acordo com o princípio da coerência, sons, palavras, imagens e conteúdos interessantes, mas irrelevantes para os conceitos centrais, devem ser excluídos de uma apresentação multimídia, favorecendo assim a seleção, organização e integração do material importante na memória de trabalho do aprendiz (MAYER, 2009; LIMA-DUARTE; REINALDO, 2019). Listados a seguir estão exemplos de elementos a serem evitados em apresentações multimídia:

- a) conteúdos e informações relacionadas com o conteúdo, interessantes, mas não essenciais (MAYER; GRIFFITH; JURKOWITZ; ROTHMAN, 2008);
- b) vídeo clips interessantes, mas não essenciais (MAYER; HEISER; LONN, 2001)
- c) sons relacionados como efeitos sonoros, interessantes, mas não essenciais (MORENO; MAYER, 2000);
- d) música de fundo (MORENO; MAYER, 2000).

É importante ressaltar, no entanto, que todos aqueles elementos que não suportam o objetivo da apresentação devem ser evitados, optando-se por layouts simples e evitando-se imagens de decoração ou planos de fundo muito coloridos (CLARK; MAYER, 2011). Dadas essas considerações, a Quadro 9 apresenta os critérios de classificação para o princípio da coerência e para os outros princípios para redução do processamento estranho.

Quadro 9 – Critérios de classificação para reduzir processamento estranho

<b>Princípio</b>	<b>Satisfatório (S)</b>	<b>Parcialmente satisfatório (P)</b>	<b>Insatisfatório (N)</b>
<b>Coerência</b>	Vídeo não apresenta elementos estranhos	Vídeo apresenta fundos coloridos, excesso de imagens não essenciais ou grandes logos	Vídeo apresenta animações interessantes, mas não essenciais e/ou música de fundo e/ou combinações de fundo colorido, excesso de imagens não essenciais, grandes logos
<b>Sinalização</b>	Há sinalização verbal ou pictórica na maior parte do vídeo	Há sinalização, mas é insuficiente	Não há sinalização
<b>Redundância</b>	Não apresenta texto redundante	Apresenta texto redundante em alguns trechos	Apresenta texto redundante em todo o vídeo
<b>Contiguidade espacial</b>	Vídeo apresenta texto próximo dos gráficos de forma satisfatória	Vídeo apresenta texto próximo dos gráficos de forma parcialmente satisfatória	Vídeo apresenta texto distante dos gráficos correspondentes
<b>Contiguidade temporal</b>	Narração e animações, imagens ou gráficos estão sincronizados	Narração e mensagens pictóricas não estão satisfatoriamente sincronizados	Não há sincronia entre narração e mensagens pictóricas

Fonte: Elaboração própria.

A sinalização deve servir como um guia que ajuda o processo cognitivo. Ela facilita a compreensão do material pelo aprendiz na medida em que simplifica as suas decisões em relação a quais partes do gráfico são relevantes (MAUTONE; MAYER, 2001). Ou seja, ela ajuda evitando o processamento estranho e direcionando o estudante para o conteúdo essencial (MAYER, 2009, p. 109). Mayer (2009, p. 108) pontua alguns exemplos de sinalização verbal como a inserção de cabeçalhos no início de cada seção reforçando os conceitos chaves, a ênfase vocal nas palavras centrais para o entendimento, ou então sinalização visual como o uso de flechas apontando para os conceitos chaves, cores distintas para esses mesmos conceitos, ou mesmo gestos do apresentador apontando para os conceitos. Apesar da variedade de técnicas que podem ser usadas para a sinalização, Mayer (2021) cita apenas a ênfase em palavras durante a narração como uma forma de sinalização verbal e o uso de recursos que apontem ou direcionem para os gráficos da produção multimídia como forma de sinalização visual como técnicas de sinalização baseadas em evidências para videoaulas. Dessa forma o uso de ambas técnicas foi analisado em conjunto, avaliando-se a sua suficiência para apontar os conceitos chave na integralidade da videoaula, como descrito no Quadro 9.

Para a contiguidade espacial, aqueles vídeos que não utilizaram o recurso de texto escrito, bem como aqueles vídeos do tipo EQ cujo texto escrito corresponde apenas aos gráficos disponíveis nos simuladores PhET apresentados foram classificados como (NA).

Os critérios dos princípios de segmentação, pré-formação e modalidade são organizados no Quadro 10. Quanto ao princípio da segmentação, Mayer (2021) indica que o vídeo educacional deve possuir pausas automáticas, cuja retomada deve se dar sob o controle do estudante. Como a plataforma do YouTube não possui o recurso de pausa automática disponível para programação pelo produtor do vídeo, foram consideradas sugestões de pausas na narração ou no texto da apresentação multimídia. Uma forma alternativa de criar vídeos com pausas no YouTube é a criação de *playlists*: listas de vídeos que podem ser organizadas pelo dono do canal, podendo-se criar listas de vídeos sobre um mesmo tema que podem ser reproduzidos em sequência (GOOGLE, 2021). De forma complementar à análise individual das videoaulas selecionadas, buscou-se identificar a presença de cabeçalhos, títulos ou narração que indicassem uma continuidade ou uma série de vídeos do qual o vídeo selecionado fizesse parte (por exemplo, o narrador diz que o vídeo trata-se da “parte 1” de uma série de vídeos sobre determinado assunto, ou então, o título da videoaula possui tal descrição).

Quadro 10 – Critérios de classificação para gerenciar processamento essencial

Princípio	Satisfatório (S)	Parcialmente satisfatório (P)	Insatisfatório (N)
<b>Segmentação</b>	Há sugestão de pausas	Há poucas sugestões de pausas	Não há sugestão de pausas
<b>Pré-formação</b>	Apresenta os conceitos chave no início do vídeo	Apresenta conceitos chave espalhados no vídeo ou apenas parcialmente ou resumidamente	Não se enquadra nas classificações (S) ou (P)
<b>Modalidade</b>	Apresenta narração	(Não definido)	Não apresenta narração

Fonte: Elaboração própria.

A análise do critério de pré-formação foi realizada considerando a retomada de conceitos chave tratados na videoaula, e não das partes, recursos e ferramentas disponíveis nos simuladores apresentados ou usados na videoaula. De acordo com Moore *et al.* (2014), os simuladores PhET são desenhados com uma interface intuitiva para facilitar o aprendizado de conceitos e minimizar as barreiras para a interação, de modo que não seja estritamente necessária a apresentação das suas partes e demonstração e explicação da sua funcionalidade.

O critério referente ao uso de técnicas de personalização foi identificado pela observação dos vídeos quanto ao uso de palavras em primeira ou segunda pessoa, como “vamos” e “você”, junto de uma análise geral do vídeo em relação à adequação de uma linguagem formal ou coloquial, como apresentado no Quadro 11.

Quadro 11 – Critérios de classificação para estimular o processamento gerativo

<b>Princípio</b>	<b>Satisfatório (S)</b>	<b>Parcialmente satisfatório (P)</b>	<b>Insatisfatório (N)</b>
<b>Personalização</b>	Apresenta linguagem coloquial com expressões como "você" ou "vamos"	(Não definido)	Apresenta linguagem formal em terceira pessoa
<b>Voz</b>	Possui voz humana com emoção positiva (felicidade ou contentamento)	Possui voz humana sem clareza da qualidade da emoção	Possui voz sintética ou possui voz humana com emoção negativa (frustração ou tédio)
<b>Imagem</b>	Não apresenta imagem estática do narrador	(Não definido)	Apresenta imagem estática do apresentador
<b>Personificação</b>	Usa duas ou mais técnicas de personificação	Usa apenas uma técnica de personificação	Não usa nenhuma técnica de personificação
<b>Atividade gerativa</b>	Vídeo propõem atividade gerativa	(Não definido)	Vídeo não propõe atividade gerativa

Fonte: Elaboração própria.

O princípio da voz se constitui da ideia de que uma voz humana que passa uma emoção positiva é preferível a uma voz humana que passa emoção negativa ou a uma voz sintética numa mensagem multimídia. De acordo com Mayer (2009, p. 255), uma voz humana amigável é responsável por um sentimento de “presença social” no receptor da mensagem, e por isso afeta a sua resposta promovendo uma aprendizagem gerativa, ou seja, aquela na qual há um maior engajamento do aprendiz.

Lawson e Mayer (2021), em seus trabalhos sobre o papel da voz como promotora de conexões sociais em vídeos e sobre a capacidade humana de reconhecer as emoções em mensagens multimídia, usaram um esquema de quatro emoções em sua análise. Duas delas, felicidade e contentamento, positivas, e outras duas, frustração e tédio, negativas. As quatro emoções também se dividem em ativas (felicidade e frustração) e passivas (contentamento e tédio). Os resultados indicaram que os participantes da pesquisa não eram capazes de distinguir entre emoções ativas ou passivas positivas (felicidade ou contentamento) ou negativas (frustração ou tédio).

De posse dos dados dessa pesquisa e dada a necessidade de avaliar as emoções expressadas para a categorização de acordo com o princípio da voz, os

vídeos foram analisados se possuem ou não voz humana e, no caso de possuírem, se essa narração passa uma emoção positiva (felicidade ou contentamento) ou negativa (frustração ou tédio). Para guiar a interpretação na classificação das emoções foram utilizados os mesmos vídeos produzidos na pesquisa de Lawson e Mayer (2021). Como os autores também identificaram que os participantes, no geral, eram capazes de identificar as emoções independentemente da presença do instrutor na tela, a análise se limitou à observação da narração (ou seja, não foram analisados de forma conjunta os gestos daqueles vídeos que apresentaram a imagem do narrador).

Quanto ao princípio de personalização, Mayer (2021) cita exemplos do que seria um design apropriado segundo esse princípio, destacados a seguir:

- a) professor gesticula de forma dinâmica enquanto leciona;
- b) professor desenha no quadro (ao invés de apenas apontar para imagens prontas);
- c) professor mantém contato visual com o aprendiz;
- d) demonstração é filmada em primeira pessoa.

Esses exemplos foram suficientes para guiar a análise dos vídeos, que foram classificados entre (S), (P) e (N) de acordo com a quantidade de exemplos que foram colocados em prática em cada produção, como descrito no Quadro 11.

A última técnica sugerida pelo autor para estimular o processamento gerativo seria a inclusão de comandos que engajem o estudante para a realização de alguma atividade gerativa. A aprendizagem gerativa está associada com a ideia de aprendizagem significativa, ou seja, aquela aprendizagem que envolve o processo de fazer sentido das informações e que permite resolver problemas complexos de forma criativa. Ela diverge, por exemplo, daquela aprendizagem que envolve principalmente a capacidade de memorizar, mas não a de resolver novos problemas. Um exemplo de atividade gerativa é sugerir que o estudante pause o vídeo e escreva uma explicação do que compreendeu em uma frase. Outros exemplos envolvem o estudante sintetizar o material com suas próprias palavras, fazer um desenho com as ideias centrais do material exposto ou fazer um teste respondendo algumas questões (FIORELLA; MAYER, 2015). Os critérios para classificação quanto a atividades gerativas e outras técnicas que possam estimular o processamento gerativo são encontrados no Quadro 11.

Critérios não definidos nos Quadros 9 a 11 não foram usados na classificação das videoaulas.

## 2.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As produções selecionadas parecem abranger tanto vídeos amadores quanto profissionais, pertencendo a canais com um número de seguidores que variam de 8 a 115.000. O número de visualizações variou de 20 a 17.388, sugerindo uma popularidade também bastante distribuída. As videoaulas apresentaram, no geral, um número singelo de avaliações do tipo “gostei” ou “não gostei”, com apenas os vídeos Q2, Q5 e C3 superando uma centena de avaliações do tipo “gostei”. O número de comentários também foi reduzido para a maior parte dos vídeos, com exceção do vídeo Q5 que apresentou 158 comentários.

Os vídeos selecionados, em sua maior parte, foram publicados recentemente, entre os anos de 2019 e 2021. As exceções se deram para os vídeos C9, publicado em 2016, e para o C11, publicado em 2015.

A grande maioria dos vídeos possui apenas legendas autogeradas (“aut. ger.” nos apêndices A e B), um recurso da plataforma. A duração média apresentada pelos vídeos foi de 5 a 10 minutos, com destaque para os vídeos Q2 e C1, ambos vídeos classificados como (EQ) que exploraram e apresentaram de forma mais delongada o projeto PhET, e por isso apresentaram uma duração em torno de 20 minutos, e para o vídeo C11, um teaser de apenas 44 segundos produzido pela Royal Society of Chemistry apresentando o projeto PhET e o simulador “Monte um Átomo”, com um conteúdo pouco denso para ser amplamente explorado neste trabalho.

Grande parte dos vídeos foram publicados por professores independentes (PI). Apenas dois vídeos foram publicados por universitários (TA), os vídeos Q6 e Q7. Um vídeo foi publicado por instituição (IN), o vídeo C11, e outro por grupo de pesquisa, o vídeo C12.

A seleção de vídeos no idioma português resultou uma distribuição de vídeos do tipo (CQ) e (EQ), enquanto vídeos em inglês apresentaram um público alvo de estudantes de química no geral (CQ). Ainda que os dados sejam insuficientes para afirmar categoricamente, esse resultado sugere um esforço maior no sentido de divulgar o próprio projeto PhET no idioma português, idioma estranho àquele de



origem do projeto, apresentando seus recursos para que professores possam fazer uso da ferramenta em suas aulas.

Os resultados detalhados da apresentação dos vídeos discutidos nos últimos parágrafos podem ser encontrados nos apêndices A e B.

### **2.2.1 Conceitos de química e abordagem de ensino**

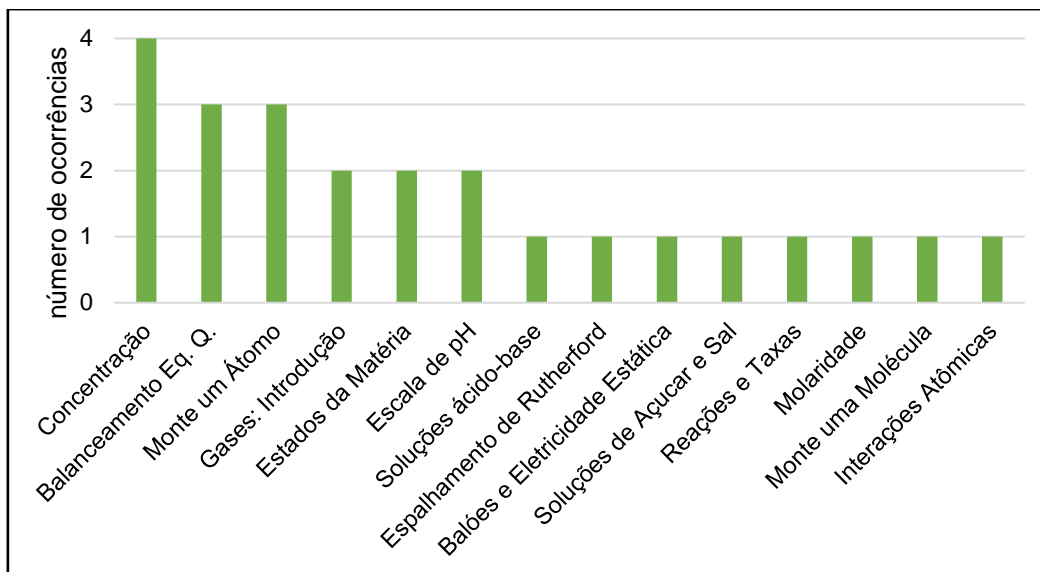
A descrição completa da caracterização dos vídeos entre público alvo, nível de ensino, simuladores abordados, conceitos de química abordados e erros conceituais pode ser encontrada no apêndice D. A seguir serão discutidos esses pontos.

A seleção apresentou uma distribuição equilibrada entre vídeos para estudantes (do tipo (CQ)) e para professores (do tipo (EQ)), ainda que tenham predominado vídeos do tipo (CQ). O vídeo C10 não pode ser claramente classificado em quaisquer das categorias. Daqueles vídeos que tratam de conceitos de química, todos tratam de conceitos de química a nível médio, e não fundamental ou superior, sugerindo uma maior aplicabilidade do tema para a química desse nível de ensino.

Nem todas as videoaulas trataram de simuladores de química, mas aquelas que trataram, discutiram basicamente os conceitos trabalhados no próprio simulador. Por exemplo, aquelas videoaulas que trataram do simulador “Concentração”, um simulador que permite preparar, diluir, submeter a evaporação, saturar e medir a concentração soluções, tratavam do conceito de “soluções”, além de conceitos relacionados como concentração, saturação e evaporação.

O simulador que apresentou maior ocorrência foi “Concentração”, seguido por “Balanceamento de Equações Químicas” e “Monte um Átomo”. Os simuladores “Gases: Introdução” e “Estados da Matéria” e “Escala de pH” apresentaram duas ocorrências, enquanto os restantes encontrados apresentaram apenas uma ocorrência. Somaram-se 14 simuladores tratados nos vídeos. Os dados referentes ao número de ocorrências de simuladores podem ser visualizados na Figura 2.

Figura 2 – Número de ocorrências de cada simulador PhET nas videoaulas



Fonte: Elaboração própria.<sup>1</sup>

O projeto PhET possui atualmente um total de 162 simuladores, dos quais 54 tratam de química segundo o filtro por área disponível no próprio site do projeto. Destes, apenas 52 possuem compatibilidade HTML5 ou Java, e outros dois possuem compatibilidade Flash Player e não estão acessíveis dado o término da vida útil do software desde janeiro de 2021 (ADOBE, 2021). A distribuição desigual na Figura 2 sugere alguma preferência dos professores por aqueles simuladores com alguma recorrência, dada a diversidade de simuladores disponíveis na plataforma e, portanto, um potencial para a exploração diversificada dos mesmos.

Foram encontrados alguns erros conceituais nos vídeos, descritos a seguir. No vídeo Q1, aos 7 minutos e 25 segundos, o apresentador faz menção ao “líquido nitrato de cobalto”, provavelmente referindo-se à solução desse sal. Já no vídeo Q4 o professor fala em medir a “neutralidade de uma solução” aos 14 segundos do primeiro minuto da apresentação. Nesse mesmo vídeo o professor usa ainda a expressão “substância”, para se referir às soluções usadas no simulador e também a outras misturas, como sabonete e leite. Também usa essa mesma expressão para se referir à água, ao invés de “solvente”, que seria mais adequado no contexto. No vídeo Q9 o professor parece trocar o termo “solvente” por “soluto”, provavelmente ao referir-se ao conceito de saturação: “... e existe um limite para que cada substância química se dissolva em um soluto”. Por fim, nos minutos iniciais do vídeo C6 o apresentador

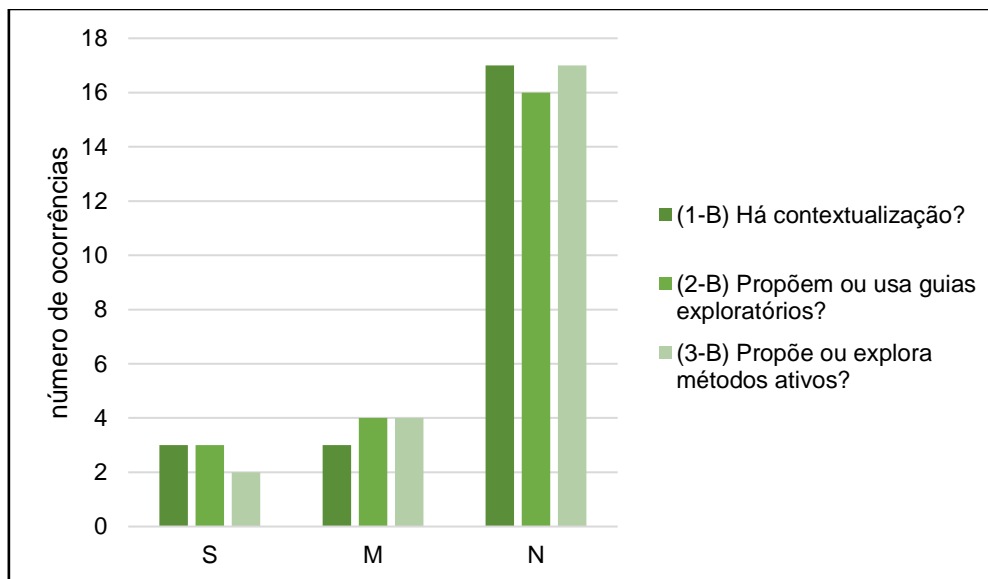
<sup>1</sup> O segundo simulador apresentado na figura de maneira abreviada trata-se do simulador “Balanceamento de Equações Químicas”.

chama as partículas representadas no simulador de “moléculas” (*molecules*); naquele contexto o mais correto seria chamá-las de “partículas” (*particles*), dado que o simulador não especifica a natureza das partículas do gás ideal, podendo elas tratarem-se de átomos isolados, por exemplo.

As próximas questões a serem analisadas se referem à presença de contextualização, exploração de guias exploratórios e de atividades ativas. Os dados completos da análise podem ser visualizados no apêndice E.

Observa-se na Figura 3 que para quaisquer das perguntas referentes à contextualização, guias exploratórios ou atividades ativas houve uma predominância de avaliações (N) na análise, indicando uma baixa exploração dessas abordagens e metodologias de ensino. Dada a baixa ocorrência de avaliações positivas (S), esses últimos casos, bem como os casos de menção (M) poderão ser discutidos de forma individual.

Figura 3 – Gráfico da contextualização e abordagem pedagógica das videoaulas



Fonte: Elaboração própria.

Quanto à presença de contextualização, dois vídeos em português (Q2 e Q6), e um vídeo em inglês (C1), foram classificados como (S). Ao final do vídeo Q2 a professora, ainda que brevemente, dá indicações de como usar o simulador, faz referência a diferentes realidades escolares e à acessibilidade do aplicativo PhET para celular. Cita ainda atividades em grupo, atividades investigativas, e as atividades disponíveis para professores no site do projeto PhET, e por essa razão o vídeo foi classificado como (M) nos critérios 2-B e 3-B. A classificação como (M) em 2-B

também se justifica pela menção das atividades guiadas no site do projeto de simulações interativas.

O vídeo Q6 trata-se de uma apresentação de trabalho acadêmico produzida por discentes de licenciatura em química. Publicado no ano de 2021, ele contextualiza a realidade educacional dentro da pandemia da COVID-19, justificando o uso de simuladores PhET como substituição de experimentos de aulas experimentais presenciais, fazendo ainda na introdução um levantamento de alguns benefícios do uso de simuladores nesse contexto. O vídeo faz menção (M) a métodos ativos (critério 3-B), ao propor um "ambiente mais participativo, mais interativo" ao primeiro minuto e 10 segundos, e cita ainda "validações de hipóteses dos estudantes" aos 3 minutos e 30 segundos. Apesar disso, não propõem atividades específicas, e não menciona o uso de guias exploratórios.

O vídeo C1 também apresenta uma contextualização em seus primeiros minutos. A professora apresenta a realidade escolar em que se encontra, recursos disponíveis pelos alunos como acesso a computadores e internet no ambiente escolar e doméstico, os esforços da escola para se certificar do acesso à internet pelos alunos no ambiente doméstico e os projetos aos quais a sua escola está envolvida. Faz também uma sintética apresentação do projeto PhET incluindo um breve histórico, simuladores disponíveis e recursos para professores e estudantes. Além disso a professora cita recursos de acessibilidade disponíveis nos simuladores no início do vídeo, explorando esses recursos no decorrer da apresentação, fala sobre a compatibilidade dos simuladores em diferentes dispositivos, e reforça o fato da acessibilidade dos recursos se dar de forma gratuita, inclusive explorando os recursos sonoros de acessibilidade do simulador "Molaridade". É interessante notar que aquilo que é pontuado no vídeo se alinha com os princípios dos simuladores PhET especialmente em relação a acessibilidade que, como mencionado na seção 1.2, é um importante princípio pedagógico do projeto. A professora indica ainda o uso dos simuladores para atividades guiadas (*'step by step'*) ou atividades mais livres para o aluno (*'open ended experiences'*), mas não explora de forma mais aprofundada essas atividades, portanto o vídeo foi classificado como (M) para a questão 3-B. Ainda que a apresentadora reforce enfaticamente o uso dos roteiros presentes no site do projeto e disponíveis para professores, eles não são explorados no vídeo, o que justifica a classificação como "faz menção" (M) para a questão 2-B.

Dos vídeos classificados como (M) para 1-B, o vídeo Q1 faz uma menção à preparo de suco aos 3 minutos de apresentação. O vídeo Q12 em seus minutos finais contextualiza brevemente o uso de simuladores em aula e seus benefícios sem um aprofundamento do tema, mencionando ainda a questão da acessibilidade de computadores.

De todos os vídeos que apresentam contextualização, não houve ocorrência de vídeos da categoria (CQ), e dos dois vídeos classificados como (M) para a questão 1-B, apenas Q12 pertence a essa categoria, indicando uma forte ausência desse tipo de abordagem nas videoaulas e impossibilitando uma discussão mais aprofundada das abordagens de contextualização como proposto na seção 2.1.2.

Dentro do critério 2-B, três vídeos, C7, C8 e C12, propuseram ou fizeram uso de guias de exploração. O vídeo C7 trata-se de uma produção de um professor orientada para o público específico da sua própria turma da disciplina de química. O professor apresenta um guia de exploração e, na medida em que faz a leitura dos tópicos do guia, usa os recursos do vídeo para demonstrar para os alunos qual é o procedimento que espera que seja tomado por eles, fazendo também observações e até mesmo resolvendo ou dando dicas de correção para a atividade, de modo que o vídeo se torna de pouca utilidade para um espectador fora do contexto da turma daquele professor. Como o professor resolve as atividades, o vídeo foi classificado como (N) para o critério 3-B, pois o aluno que assistir o vídeo, além de não ter acesso ao guia, seja por um link disponível na plataforma ou outra forma, não pode resolver por si mesmo as atividades propostas.

O vídeo C8 parece ter sido produzido num contexto semelhante ao vídeo C7. No entanto, nesse caso foi possível encontrar o guia de exploração idêntico ao utilizado pela professora, que estava disponível no site do projeto PhET (Anexo A). Ainda que tenha sido possível encontrá-lo, o link não estava acessível para o espectador em local como na descrição do vídeo na plataforma, dificultando a realização da atividade para o estudante que assiste a videoaula de forma autogerenciada. Apesar da dificuldade de acesso, o guia de exploração propõe uma atividade investigativa guiada, e por isso foi classificado como (S) para o critério 3-B (presença de métodos ativos). Ainda que a professora faça demonstrações usando o simulador e até mesmo respondendo parcialmente as atividades propostas, ela dá espaço e engaja o estudante para resolver as questões restantes da atividade, o que caracteriza o vídeo como potencial promotor de aprendizagem significativa.

O segundo vídeo que explorou atividade ativa (critério 3-B), ao lado de C8, foi o vídeo C12, também classificado como (S) para 2-B. Trata-se de um vídeo auxiliar para uma atividade guiada produzido no projeto ChemSims (DEBBIE HERRINGTON, 2021). O roteiro da atividade, apesar de não estar acessível no link da descrição na plataforma, pôde ser encontrado no site do projeto como um formulário online com o link da videoaula<sup>2</sup>.

O vídeo apresenta-se inicialmente com uma abordagem um pouco diferente dos anteriores C8 e C7. Uma primeira investigação da videoaula dá a entender que a atividade foi desenhada para que o estudante resolva as questões assistindo apenas o conteúdo audiovisual, sem a necessidade de exploração do simulador e limitando assim a interatividade proporcionada pelo uso dos simuladores, subutilizando o potencial do objeto de aprendizagem, ainda que possa se tratar de uma proposta didática interessante para aqueles contextos em que a acessibilidade ao simulador seja restrita (por exemplo, uma atividade numa escola que não possua laboratório de informática mas, por outro lado, possua sala de audiovisual). No entanto, através de uma análise ao roteiro da atividade disponível no site do projeto, foi possível identificar questões adicionais que, estas sim, promovem uma participação ativa do estudante e um engajamento e interação com o simulador. A atividade busca engajar o estudante a buscar sentido ou entendimento conceitual a partir do comportamento das partículas durante o uso do simulador “Interações Atômicas” e elaborar suas próprias justificativas para esse comportamento de forma orientada, ou seja, por questões que guiam implicitamente o estudante a chegar em relações e conclusões relacionadas a conceitos como a energia potencial de um sistema formado por dois átomos de neônio ou de oxigênio a distância relativa variável, às forças de atração, repulsão e total entre esses átomos e a forma molecular ou atômica segundo a qual esses elementos se encontram na natureza. Ou seja, aquele espectador, discente ou docente, que entrar em contato com a videoaula através de uma busca isolada no YouTube, poderá ter um acesso ou compreensão apenas parcial da atividade, sendo importante que a apresentação audiovisual seja disponibilizada (por exemplo, por um professor a seus alunos de ensino médio) juntamente com o roteiro correspondente. Ainda assim a disponibilidade do vídeo no YouTube permite o acesso àqueles professores em buscas de atividades ativas e dispostos a pesquisar sobre o projeto.

---

<sup>2</sup> O roteiro da atividade está disponível em: <http://chemsims.com/atomic-interactions/>. Acesso em 3 de nov. de 2021.

Todos os vídeos classificados como (S) para o critério 2-B estão na língua inglesa, reforçando a hipótese de que as guias de exploração estão mais presentes na cultura ou no idioma original, ainda que no próprio site do projeto existam propostas de atividades guiadas em português, disponibilizadas gratuitamente e produzidas colaborativamente (UNIVERSIDADE DO COLORADO, 2021).<sup>3</sup>

### **2.2.2 Resultados da análise TCAM**

O primeiro princípio a ser avaliado à luz da Teoria Cognitiva de Aprendizagem Multimídia (TCAM) foi o próprio princípio multimídia, segundo o qual as pessoas aprendem melhor através de palavras e gráficos do que apenas palavras (Mayer 2009, p. 3).

A análise do critério "multimídia" resultou numa predominância de vídeos que exploraram tanto narração ou legendas quanto gráficos, imagens ou animações de forma satisfatória. As exceções foram os vídeos Q4, classificado como (P), pois na parte inicial do vídeo foram subutilizados recursos pictóricos, e o vídeo Q6, classificado como (N), porque na maior parte do vídeo não utilizou esses mesmos recursos. O vídeo Q6 possui um público alvo de professores ou estudantes da educação (EQ), e nele é apresentado um trabalho acadêmico (TA) de classificação dos simuladores PhET, sendo o único com esse objetivo dentre todos os vídeos analisados. Ainda assim optou-se por manter a análise dessa produção no trabalho. As videoaulas restantes apresentaram todas uma predominância de narração acompanhada por gráficos, que na sua maior parte são os próprios gráficos dos simuladores do PhET.

As seções a seguir apresentam a discussão dos princípios para redução do processamento estranho, gerenciamento do processamento essencial e promover o processamento gerativo. Os resultados referentes à análise fundamentadas na TCAM podem ser encontrados no apêndice F.

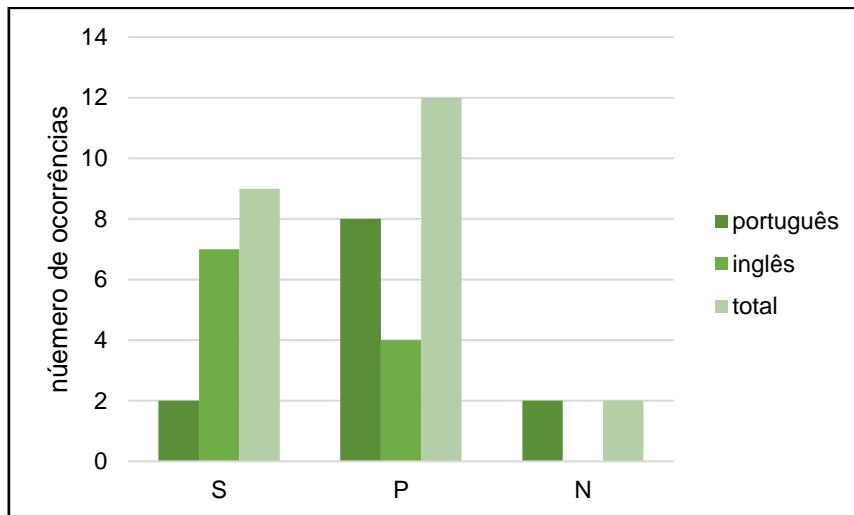
---

<sup>3</sup> Uma dessas atividades, a título de exemplo, referente ao mesmo simulador utilizado no vídeo C7 (Gases: Introdução), produzida pelo professor Mateus Neves do Centro Universitário de Viçosa, pode ser visualizada no Anexo B.

### 2.2.2.1 Princípios para redução do processamento estranho

Os vídeos no geral apresentaram uma boa pontuação em relação ao princípio da coerência, como apresentado na Figura 4.

Figura 4 – Gráfico dos resultados da análise do princípio de coerência



Fonte: Elaboração própria.

Não foram encontrados vídeos que apresentassem gráficos, clipes narrados ou não, ou imagens com o objetivo de motivar o estudante, mas irrelevantes para os conceitos tratados. Dois vídeos, Q11 e Q12, foram classificados como (N) por apresentarem música de fundo, que de fato se caracterizou em ambos os casos como um elemento sonoro estranho ao objetivo da videoaula. A predominância de avaliações (P) se deu devido a imagens que poluíram a apresentação do vídeo, principalmente a presença de janelas do navegador ou barra de tarefas da tela do computador provenientes da captura de tela da gravação, mostrando botões, links, palavras ou ícones que não cumpriram nenhuma função no vídeo. Como apresentado na metodologia, a apresentação multimídia deve sempre dar preferência a layouts simples (CLARK; MAYER, 2011). A Figura 5 trata-se de exemplo de videoaula, a videoaula Q3, que apresentou esse tipo de elemento estranho. É interessante notar, no entanto, que a presença dos gráficos da tela do computador pode ser interessante do ponto de vista da TCAM por reforçar o fato de a demonstração ser filmada em primeira pessoa (princípio da personificação).



Figura 5 – Captura de tela de tela da videoaula Q3



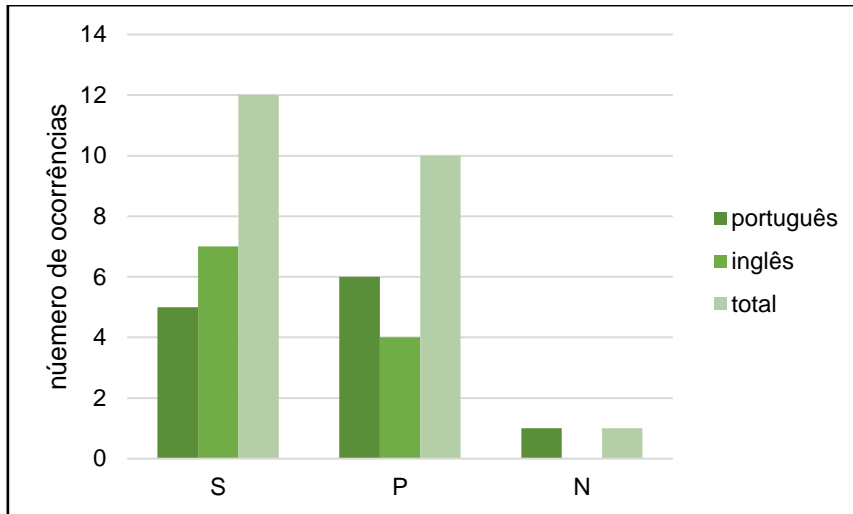
Fonte: Videoaula “PhET Química - Construir um átomo”<sup>4</sup>.

Uma consideração deve ser feita aqui para aqueles vídeos que apresentam estudantes da área de educação como público alvo. Como apontado por Clark e Mayer (2011, p. 164), a adição de elementos estranhos pode ser especialmente prejudicial para estudantes não familiarizados com o tema, de modo que a presença desses elementos em videoaulas do tipo (EQ) pode possuir uma importância reduzida no sentido de saturar o processamento cognitivo do estudante da educação, certamente já familiarizado com o tema da videoaula.

A presença de sinalização pode ser analisada pela observação da Figura 6.

<sup>4</sup> Disponível em: <https://youtu.be/3Sc6NYIAJjs>. Acesso em: 26 out. 2021.

Figura 6 – Gráfico dos resultados da análise do princípio de sinalização



Fonte: Elaboração própria.

Apenas o vídeo Q6 não apresentou sinalização e por isso foi classificado como (N). Esse mesmo vídeo, como já discutido anteriormente, apresenta poucos recursos multimídia, o que justifica o uso reduzido de sinalização. Apesar de haver uma distribuição entre as classificações parcial (P) e satisfatória (S), o recurso de sinalização predominante nos vídeos foi o uso do ponteiro do mouse, dado que a grande maioria dos vídeos foram produzidos com captura de tela. Por essa razão deve-se levantar a hipótese de que em muitos casos esse recurso é inserido involuntariamente e, portanto, sem a devida exploração e utilização pelo apresentador. Em alguns vídeos, no entanto, isso não parece ser o caso, especialmente naqueles em que o instrutor usa cores ou círculos para ressaltar a presença do ponteiro do mouse, como nos vídeos Q4 e C5, ou quando usa o ponteiro intencionalmente para indicar fenômenos representados no simulador pela tela do computador, como nos vídeos Q1, Q3 e C6, reforçando com a própria narração. Ainda assim em muitos casos essa sinalização pareceu insuficiente para apontar os fenômenos representados nos simuladores, especialmente quando o ponteiro do mouse possuía um tamanho muito pequeno ou quando, ao invés de indicar o fenômeno, indicava o controle de alguns recursos interativos do simulador (por exemplo, quando o ponteiro indica o controle de temperatura feito em uma “alavanca” no simulador, mas não indica o aumento do espaçamento entre as partículas, ainda que esse aumento seja indicado pela narração), e nesses casos os vídeos foram classificados como (P).

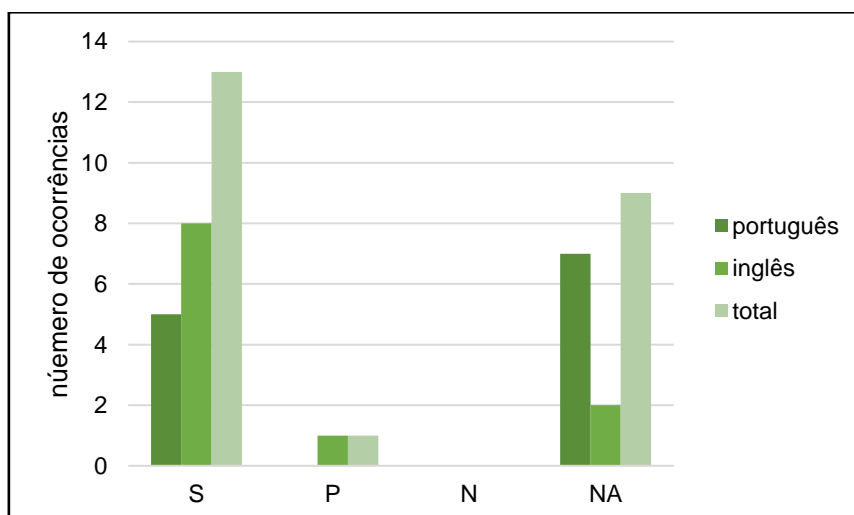
Foi difícil identificar de forma categórica o uso de ênfase vocal para conceitos chave e o uso de sinalização verbal como “primeiramente... em segundo lugar...”. A maioria dos vídeos foi produzida com uma linguagem coloquial e espontânea, o que dificultou a identificação de padrões relevantes para a análise, ainda que tenham sido encontrados trechos da narração se referindo especialmente a partes específicas dos gráficos dos simuladores em grande parte dos vídeos.

Além disso, não foi encontrada uma exploração significativa de recursos tipográficos como negrito ou itálico ou a exploração de cores diferentes para palavras chave, provavelmente porque a maioria dos textos utilizados nas produções são provenientes dos gráficos dos próprios simuladores, como será discutido a seguir para o princípio da contiguidade espacial.

Todos os vídeos foram classificados como (S) para o critério da redundância com exceção de Q6 e C1. O vídeo Q6, classificado como (N), além de não explorar com riqueza o uso de gráficos como discutido anteriormente, utiliza muitas palavras e textos na tela redundantes em relação a narração (ainda que não se tratem de legendas reproduzindo fielmente a narração). Já o vídeo C1, classificado como (P), faz o uso de slides com texto parcialmente redundante em parte da apresentação.

Os resultados da análise de contiguidade espacial estão apresentados na Figura 7.

Figura 7 – Gráfico dos resultados para a análise do princípio da contiguidade espacial

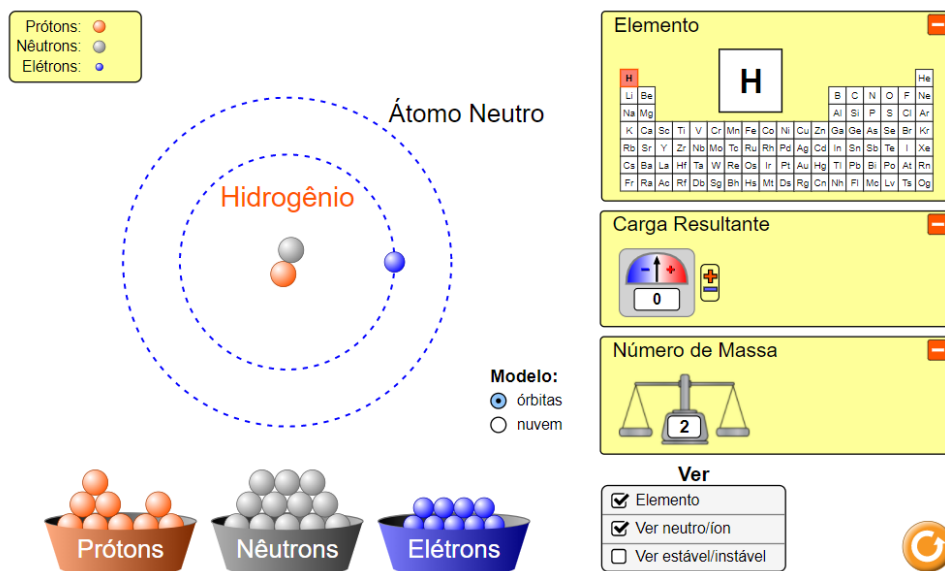


Fonte: Elaboração própria.

O principal recurso gráfico utilizado nas videoaulas foram os próprios gráficos dos simuladores PhET, além de capturas de tela da janela do navegador para mostrar o caminho para acessar o site do projeto. Por essa razão, o grande número de

ocorrências (S) na avaliação se deve, basicamente, ao fato de que os gráficos dos simuladores apresentam uma boa contiguidade espacial, ou seja, aquelas palavras ou textos presentes no simulador se encontram em posições adjacentes às representações às quais se referem. Um bom exemplo disso pode ser encontrado no simulador “Monte um Átomo” (explorado nos vídeos C3 e C11) na Figura 8, onde se pode observar o nome do átomo de hidrogênio entre a representação da eletrosfera e do núcleo do átomo e as palavras “prótons”, “nêutrons” e “elétrons” adjacentes às representações das partículas correspondentes.

Figura 8 – Captura de tela do simulador “Monte um Átomo”



Fonte: Universidade do Colorado<sup>5</sup>.

De fato, os simuladores PhET exploram o uso de múltiplas representações, como uso de gráficos, números e símbolos, que deve ser responsável por uma compreensão mais robusta dos conceitos (LANCASTER *et al.*, 2013), o que é reforçado por Russel e Kozma (2005) no contexto da aprendizagem multimídia. Note-se que além de os simuladores fazerem o uso de múltiplas representações, a avaliação sugere que eles estão adicionalmente de acordo com o princípio da contiguidade, o que deve facilitar o aprendizado do estudante de acordo com a TCAM.

A análise realizada aqui também sugere que essa característica pode ser positiva para videoaulas com demonstrações usando os simuladores PhET. Ainda que o uso isolado dos simuladores para demonstrações represente uma subutilização dos

<sup>5</sup> Disponível em: [https://phet.colorado.edu/sims/html/build-an-atom/latest/build-an-atom\\_pt\\_BR.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/build-an-atom/latest/build-an-atom_pt_BR.html). Acesso em: 27 out. 2021.

recursos e um desvio da proposta do projeto, o uso complementar pelo professor para reproduzir, por exemplo, alguma atividade proposta como uma atividade guiada para os estudantes explorando os possíveis caminhos aos quais chegaram e ampliando o raciocínio para a elaboração dos conceitos.

Como entende-se aqui que o objetivo dos vídeos do tipo (EQ) são tratar de assuntos do ensino de química e abordagens didáticas com o uso dos simuladores PhET, aqueles aqueles pertencentes a essa categoria que apresentaram apenas textos referentes a gráficos dos próprios simuladores foram desconsiderados da análise (NA), pois esses textos possuem caráter explicativo, descritivo ou educativo principalmente para um público alvo de estudantes de química. Além disso, Mayer (2009, p. 135) pontua que a aplicação da contiguidade espacial é mais relevante quando o aprendiz não possui familiaridade com o material, os diagramas não são plenamente compreensíveis sem o uso de palavras ou o material é complexo, o que não parece ser o caso para os vídeos do tipo (EQ). O uso integrado de diagramas e texto parece ser responsável por um efeito reverso para aprendizes com maior experiência, e a explicação para isso é que estes estudantes são capazes de gerar suas próprias representações verbais para os gráficos estudados (MAYER, 2009, p. 148).

De uma forma geral, deve-se evitar o uso de texto quando ele não é necessário, de acordo com o princípio da coerência, que, como discutido anteriormente, também não parece ser indispensável para vídeos do tipo (EQ).

A contiguidade temporal é uma forma de reduzir o processamento estranho. Quando a narração é apresentada de forma sucessiva ao invés de simultânea, o aprendiz precisa conservar a informação na memória de trabalho. Isso compromete o processo cognitivo porque consome o processamento limitado da memória de trabalho (MAYER, 2009, p. 159). Todos os vídeos analisados apresentaram uma sincronia entre a narração e os gráficos e imagens. Não foram encontrados vídeos em que a narração foi alocada antes ou depois da animação do simulador ou de outros gráficos.

#### *2.2.2.2 Princípios para o gerenciamento do processamento essencial*

Segundo o princípio da segmentação, o aprendizado é mais efetivo quando a apresentação multimídia possui pausas sobre o controle do aprendiz. Ainda que o

YouTube não possui esse recurso, foi realizada uma busca por propostas de pausas sugeridas na narração ou no texto das videoaulas. Assim como o princípio da contiguidade, a segmentação é especialmente importante para quando o material é complexo e o aprendiz não possui familiaridade com o mesmo (MAYER, 2009, p. 175), portanto é especialmente importante para os vídeos direcionados a estudantes.

Apenas um vídeo de todos analisados, o vídeo C12, classificado como (P) para o critério. Esse mesmo vídeo, já discutido na seção 2.2.1, explorou o uso de guias de exploração e de métodos ativos. O instrutor propõe algumas vezes no decorrer da apresentação que o aprendiz pause o vídeo para que responda as questões propostas no guia exploratório. O objetivo das sugestões de pausas foram, na verdade, permitir a realização das atividades propostas pelo aprendiz, e não exatamente dar tempo ao aluno para processar as informações e conteúdos, como proposto pelo princípio da segmentação.

Como proposto na metodologia, uma forma alternativa de segmentar vídeos é através do uso de *playlists*. Não foram encontrados, no entanto, nos títulos, narração ou cabeçalhos referências a *playlists* ou a séries de vídeos do qual o vídeo original fizesse parte.

Apesar de ser uma técnica possível de ser usada em videoaulas, as propostas de pausas ou, mais especificamente, o uso da segmentação é mais importante quando o material é complexo e apresentado num ritmo acelerado (MAYER, 2009, p. 175). Isso sugere, portanto, que simplificar o material e apresentá-lo num ritmo mais lento podem ser maneiras de contornar a necessidade do uso de pausas.

Grande parte das produções não apresentaram uma retomada conceitual antes de tratar do simulador, ou mesmo uma pontuação dos conceitos centrais que seriam tratados na videoaula, e por isso, no geral, apresentaram uma avaliação negativa quanto ao princípio da pré-formação. O vídeo C6 foi a única exceção no idioma estrangeiro, pois ele conceituou a Lei de Boyle, conceito central tratado na videoaula com uso do simulador “Gases: Introdução”, que explora o comportamento de gases ideais. Ainda assim, durante essa introdução não houve nenhum tipo de conexão feita pelo instrutor com os gráficos do simulador PhET, bem como os recursos visuais usados nessa etapa foram apenas texto e equações, que parcialmente replicavam a narração. Ou seja, a pré-formação poderia ser mais rica de acordo com o princípio da redundância e com o próprio princípio da aprendizagem multimídia.

Outros três vídeos em português foram classificados como (P) ou (S) para o critério da pré- formação, mas dois deles possuem professores ou estudantes da educação como público alvo. Deve-se ressaltar que a pré- formação, assim como outros princípios já mencionados anteriormente, não parece ser indispensável para vídeos do tipo (EQ). Segundo Mayer (2009, p. 189), o princípio é especialmente eficaz naqueles casos de um conteúdo denso sobre o qual o aprendiz não tem familiaridade. Já no caso do terceiro vídeo (Q4), do tipo (CQ), houve uma retomada conceitual ampla, abrangendo conceitos de acidez, basicidade e escala de pH, para depois tratar desses conceitos com o simulador "Escala de pH". Apesar disso, assim como no caso do vídeo C6, não houve uma grande exploração de recursos gráficos nessa etapa e, principalmente, uma ligação com os gráficos do próprio simulador. O instrutor apresentou um gráfico colorido com uma escala de pH e as cores apresentadas por um indicador de tornassol, mas como uma sinalização pobre e textos redundantes.

Todos os vídeos analisados apresentaram narração, e não foram encontrados uso excessivo de textos ao lado de uma ausência ou insuficiência de narração em quaisquer fragmentos dos mesmos, justificando uma classificação positiva (S) para a integralidade das produções analisadas segundo o critério da modalidade.

### *2.2.2.3 Princípios para estimular o processamento gerativo*

O primeiro princípio citado por Mayer (2021) para estimular o processamento gerativo é o princípio da personalização, segundo o qual as pessoas aprendem melhor quando se usa palavras em linguagem coloquial, e não em linguagem formal. A maioria dos vídeos se adequaram com essa premissa, apresentando uma narração que “conversa” com o aprendiz pelo uso de expressões em primeira e segunda pessoa como “você pode...” ou “vamos lá”, e por isso foram classificados como (S). Um exemplo do uso desse tipo de linguagem pode ser encontrado na videoaula Q2, aos 3 minutos, quando a apresentadora diz: ‘Vou mostrar uma simulação de cada, e vocês vão ver que é muito tranquilo’. Ou então, aos 3 minutos e 40 segundos da videoaula C1, quando a apresentadora diz: ‘Vamos falar agora sobre compatibilidade [dos simuladores]’<sup>6</sup>.

---

<sup>6</sup> Tradução própria.

Dentre os vídeos que apresentaram uma linguagem mais formal, Q6 e Q7, ambos possuem professores e estudantes da área de ensino como público alvo (EQ) e são vídeos da classe (TA), ou seja, de origem de projeto ou trabalho acadêmico. Segundo Mayer (2009, p. 242), a personalização deve ser mais efetiva quando o aprendiz é iniciante, o que não é o caso do público de ambos os vídeos.

De forma semelhante ao princípio da personalização, o princípio da voz enuncia que uma voz humana pode afetar o aprendiz no sentido de ele sentir uma “presença social” capaz de motivar o estudante (MAYER, 2009, p. 255). Todos os vídeos estudados apresentaram voz humana. Não foram encontrados vídeos que apresentassem voz sintética. De forma similar ao uso de linguagem coloquial segundo o princípio da personalização, o uso da voz humana é acessível e o seu uso ser comum em vídeos da plataforma, e espera-se encontrar esse tipo de narração em uma busca pelas palavras-chave usadas aqui.

Foram identificadas, no entanto, variações de emoções nas narrações. A grande maioria dos vídeos foi classificada como capaz de despertar uma emoção positiva, ainda que uma emoção de alegria, para aquelas narrações mais vivazes, ou então uma emoção de contentamento, para narrações que não compartilhassem a mesma dinamicidade e vivacidade das anteriores, mas ainda assim passassem uma emoção positiva. Todos esses vídeos foram classificados como (S), e apenas quatro vídeos foram classificados como (P), vídeos que apresentaram uma narração um pouco mais monótona e uma emoção que se aproximou do tédio, segundo a proposta metodológica descrita na seção 2.1.3.

A ideia de inserir a imagem do instrutor a uma apresentação possui uma fundamentação semelhante aos princípios da personalização e voz, ou seja, a ideia de que essa inserção deve despertar um sentimento ou presença social no aprendiz que deve contribuir para sua motivação no aprendizado. Por outro lado, essa mesma imagem pode promover processamento estranho, atrapalhando o aprendizado, já que o processamento da imagem do instrutor pelo aprendiz deve competir com o processamento do material relevante (processamento essencial) na medida em que o aprendiz olha ora para a imagem do instrutor, ora para os gráficos da apresentação multimídia (MAYER, 2009, p. 258; FIORELLA; MAYER, 2018).

Mayer (2021) pontua que, de acordo com o princípio da imagem, o aprendizado não é mais eficiente quando a imagem estática do instrutor é inserida na



apresentação. Uma das razões é a de que a imagem estática pode parecer antinatural e distrair o aprendiz.

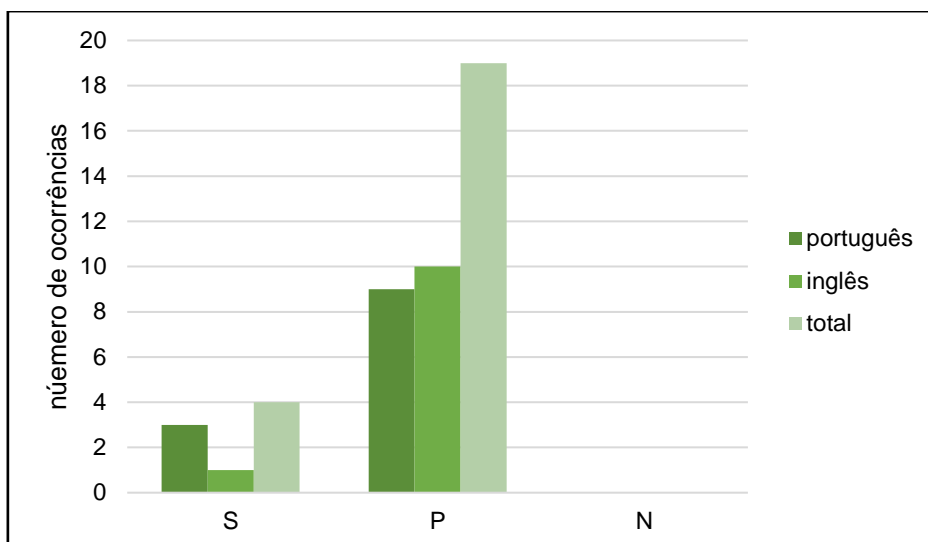
De acordo com o critério de classificação para princípio da imagem definido na metodologia (Quadro 11), foi analisada a presença apenas de imagens estáticas do apresentador para esse critério, o que não foi apresentado por nenhuma videoaula dentre as analisadas. Todas foram classificadas como (S).

Para além de uma mera imagem estática, a imagem personificada do instrutor parece ser promissora para a aprendizagem multimídia, isto é, quando o instrutor usa seu corpo de forma engajada na condução do processamento cognitivo do aprendiz (por exemplo, quando ele aponta em direção a imagens ou ao quadro, de acordo com o princípio da sinalização). Fiorella e Mayer (2018), tratando de estudos referentes a presença da imagem do instrutor, sugerem que ela é um forte atrativo social, mas não é claro quando essa presença pode ser distrativa o suficiente para prejudicar o aprendizado.

Mayer (2021) afirma que a presença do instrutor pode ser importante quando ele gesticula de forma dinâmica enquanto leciona, desenha no quadro (ao invés de simplesmente sinalizar gráficos ou desenhos já desenhados ou construídos), e mantém contato visual com o aprendiz. Tais práticas são associadas ao princípio da personificação, somadas ainda a importância de que a filmagem seja feita numa perspectiva em primeira pessoa, ao contrário de terceira pessoa. Ou seja, deve-se dar preferência a uma tela que mostre a visão do próprio instrutor ao realizar uma tarefa que envolva manipulação ou modificação das imagens, como por exemplo quando o professor desenha no quadro ou, no caso das videoaulas tratando dos simuladores, quando o professor manipula o simulador.

A maioria dos vídeos foi classificada como (P), como pode ser observado na Figura 9, e isso se deve ao fato de que a grande maioria dos vídeos usaram captura de vídeo da tela do computador como um recurso para mostrar os simuladores PhET bem como a manipulação do simulador pelo instrutor. Ainda que essa seja talvez a única maneira de mostrar o funcionamento dos gráficos PhET, ela está de acordo com o princípio da personificação pois proporciona uma perspectiva em primeira pessoa.

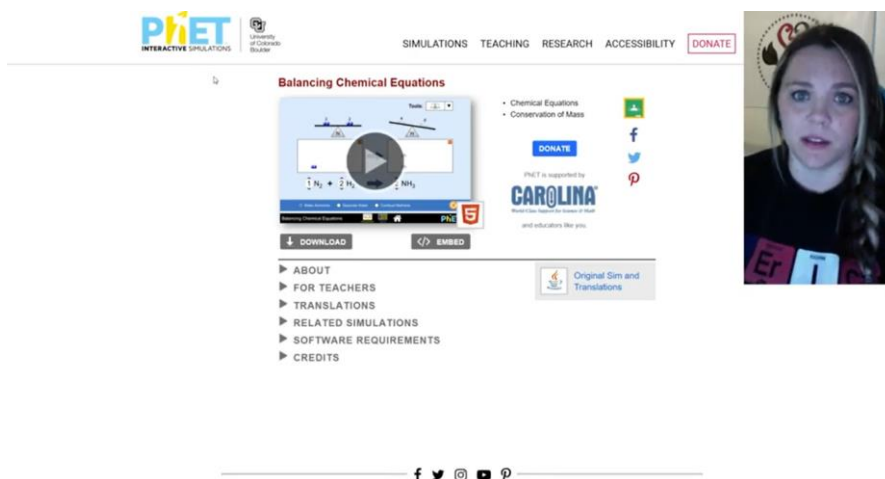
Figura 9 – Gráfico dos resultados para a análise do princípio de personificação



Fonte: Elaboração própria.

Outros 4 vídeos foram classificados como (S) porque, além da perspectiva em primeira pessoa, eles apresentaram a imagem do instrutor fazendo contato visual ou gesticulando, muito embora a gesticulação foi algo bastante subutilizado mesmo nesses vídeos. Um exemplo de contato visual usado na videoaula C2 pode ser encontrado na Figura 10. A técnica é usada em boa parte da videoaula, ainda que, naqueles momentos em que a instrutora realiza operações no simulador, ela muda sua posição, perdendo o contato visual com o espectador.

Figura 10 – Captura de tela exemplificando contato visual no vídeo C2

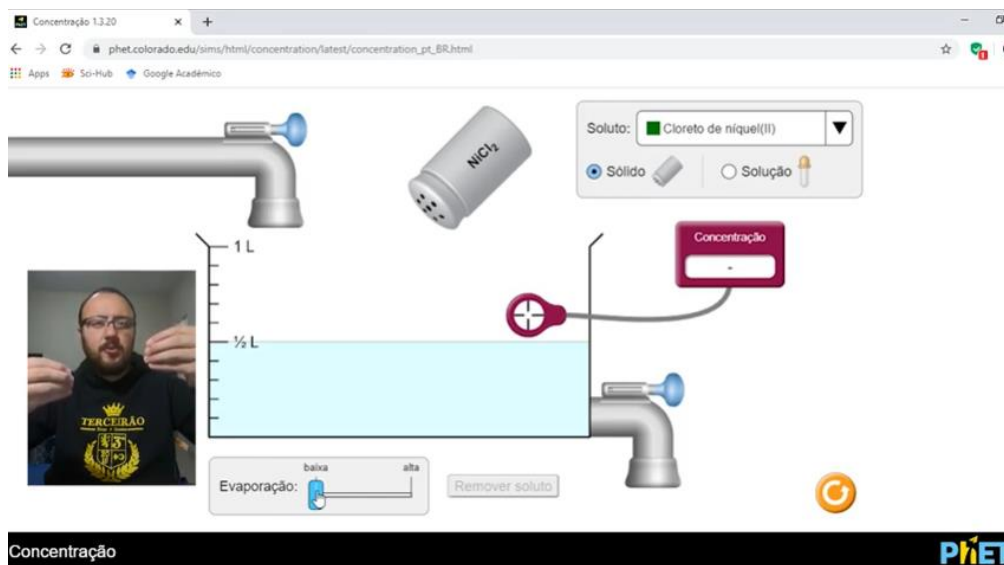


Fonte: Videoaula “How to Balance Equations Using the PhET Simulation - Balancing chemical equations online practice”<sup>7</sup>.

<sup>7</sup> Disponível em: <https://youtu.be/k74YGRT1kek>. Acesso em: 1 nov. 2021.

Um exemplo de gesticulação tal qual usado na videoaula Q1 pode ser encontrado na Figura 11. O professor gesticula em grande parte do vídeo de uma forma a enfatizar os conceitos chave da sua narração de uma maneira que parece estar de acordo com o princípio da sinalização, ainda que essa técnica não se trate de uma prática efetiva baseada em evidência para vídeos educacionais citada por Mayer (2021). Aos 4 minutos e 10 segundos da apresentação (Figura 11), ele posiciona suas mãos, ambas a frente de seu corpo, para representar a evaporação de partículas enquanto explicava o conceito de pressão de vapor. Ademais, devido ao enquadramento usado, muitos gestos se tornam ilegíveis ou não plenamente claros. Um exemplo disso se dá aos 6 minutos 40 segundos de vídeo, quando o apresentador fala da evaporação da água e enfatiza a expressão “água” através de um gesto com o qual suas mãos se afastam uma da outra em direção às laterais até uma posição não visível devido o enquadramento utilizado.

Figura 11 – Captura de tela exemplificando gesticulação na videoaula Q1



Fonte: Videoaula “How to Balance Equations Using the PhET Simulation - Balancing chemical equations online practice”<sup>8</sup>.

Como último critério segundo a TCAM os vídeos foram analisados segundo o uso de atividade gerativa. Mayer (2009, p. 21, tradução nossa) pontua que o “aprendizado significativo ocorre como um resultado da atividade do estudante durante a aprendizagem”. No contexto da aprendizagem através de vídeos educacionais, a inserção de comandos para o estudante se engajar ativamente deve promover aprendizagem.

<sup>8</sup> Disponível em: <https://youtu.be/k74YGRT1kek>. Acesso em: 1 nov. 2021.

A maioria parte do corpo de análise não propõem nenhum tipo de atividade semelhante. De todos os vídeos analisados, apenas três, C5, C8 e C12, apresentaram alguma proposta de atividade que pudesse promover o engajamento do estudante e por isso foram classificados como (S). O vídeo C5, produção independente de uma professora (PI), trata-se de uma apresentação do simulador “Monte uma Molécula”, explicando seu funcionamento, resolvendo algumas etapas de atividades propostas no simulador e apresentando as visualizações de moléculas disponíveis no objeto de aprendizagem. Ao final do vídeo a professora orienta a seus alunos a resolver as etapas restantes, ou seja, construir as moléculas propostas pelo simulador, como uma atividade escolar que deveria ser entregue à professora como uma captura de tela das moléculas construídas. A atividade proposta, que se resume à exploração do simulador, foi entendida como uma atividade gerativa porque envolveria o engajamento do estudante e sugere uma utilidade interessante para uso em sala de aula de ensino remoto ou ensino à distância.

O vídeo C8, já discutido na seção 2.2.1, trata-se de um vídeo de apoio para aquela proposta de atividade, de maneira semelhante a C5, mas com o uso de um guia exploratório. O uso de um guia aqui parece especialmente importante para o simulador “Concentração” usado no vídeo C8 em comparação ao simulador “Monte uma Molécula” usado em C5. Alguns simuladores possuem desafios característicos de jogos (ver Quadro 2) que podem ser mais ou menos explícitos, como no caso de “Monte uma Molécula”, que apresenta algumas etapas ou níveis, de forma semelhante a um jogo, com um design baseado em desafios em que o estudante é direcionado implicitamente a construir a molécula desejada (como pelo aparecimento ou não aparecimento do nome da molécula) (LANKASTER *et al.*, 2013). Esse tipo de feedback que indica se o estudante chegou ou não ao objetivo (que é responsável por uma “condução” do estudante, de acordo com o princípio da orientação implícita na Quadro 2), não existe no simulador “Concentração”, que é mais focado em explorar o comportamento de um sistema com quantidades de solvente e solutos variáveis. Ou seja, o estudante possui mais liberdade por não haver operações que resultam em respostas “certas” ou “erradas” pelo simulador, o que pode ser interessante para o uso de atividades de investigação guiadas, mas que, sem guias exploratórios, pode resultar numa utilização superficial do recurso tecnológico, como pontuado por Paiva e Costa (2010).

Por fim, o vídeo C12, também já discutido na seção 2.2.1, foi classificado como (S) no critério de atividade gerativa, pois, de forma semelhante a C8, o instrutor faz algumas demonstrações com o simulador e, naqueles momentos em que julga apropriado, pede para que o aluno faça pausas nos vídeos para responder as questões propostas de atividades já descritas anteriormente. Como uma observação adicional, essa mesma videoaula foi a única a não apresentar classificação (N) para o critério da segmentação, sugerindo que a proposição de pausas nos vídeos pode ser combinada com propostas de atividades gerativas realizadas pelo estudante no seu tempo, como ocorreu nessa videoaula.

Dentre todas as técnicas propostas por Mayer (2021), o uso de atividades gerativas parece se destacar no contexto dos simuladores PhET. Segundo Lancaster *et al.* (2013, tradução nossa), “a filosofia do desenho dos simuladores PhET é baseada na perspectiva teórica de que o conhecimento é construído através do engajamento ativo com o conteúdo”, ideia que parece dialogar fortemente com a aprendizagem gerativa. Segundo Fiorella e Mayer (2015, p. 1, tradução nossa)

No que diz respeito à ciência da aprendizagem, a aprendizagem gerativa ocorre quando o aluno se envolve no processamento cognitivo apropriado durante a aprendizagem, incluindo prestar atenção às informações relevantes (ou seja, seleção), organizar mentalmente as informações recebidas em uma estrutura cognitiva coerente (ou seja, organização) e integrar as estruturas cognitivas entre si e com conhecimento prévio relevante ativado a partir da memória de longo prazo (isto é, integração).

Em outras palavras, na TCAM a aprendizagem significativa ocorre quando o estudante se engaja ativamente na seleção, organização e integração (MAUTONE; MAYER, 2001). Por essa razão, no contexto das videoaulas como suporte para os recursos do projeto PhET, é importante não perder a qualidade ativa e interativa dos simuladores, evitando o uso do PhET como meramente demonstrativo e procurando colocar o estudante numa posição de maior centralidade no processo de ensino-aprendizagem. Os simuladores PhET de fato podem ser uma ferramenta capaz de contemplar uma variedade de necessidades do professor (como já discutido na seção 1.2) através das mesmas ferramentas que suportam o engajamento e exploração pelo estudante, providenciando, por exemplo, a oportunidade de ilustrar fenômenos em resposta aos questionamentos dos estudantes (MOORE *et al.*, 2014). Ainda assim, eles são desenhados de forma a priorizar um processo ativo de construção de conhecimento no qual a interatividade possui um papel central por possibilitar uma troca entre o simulador e o estudante, e de forma a envolver o processo de

aprendizagem na ideia da compreensão dos conceitos, contrária à simples demonstração de conhecimento e respostas (LANKASTER *et al.*, 2013).

Dentro dessa discussão, a inclusão de propostas de atividades gerativas que engajem o uso do simulador pelo estudante nas videoaulas, de forma semelhante às aquelas apresentadas nos vídeos discutidos nos parágrafos acima, pode ser uma atitude que minimize o problema da subutilização dos recursos de interatividade bem como da inadequação com a proposta filosófica dos simuladores PhET.

### 3 CONCLUSÃO

Os simuladores PhET são construídos dentro da perspectiva segundo a qual o aprendizado se dá com o engajamento ativo com o conteúdo (LANKASTER *et al.*, 2013), e por essa razão talvez a contribuição central desse trabalho esteja no fato de que as videoaulas que se propõem a tratar do projeto, não devem fazê-lo de uma forma demonstrativa (seja pela demonstração conceitos de química ou dos próprios simuladores) e, sempre que possível, engajar o estudante para se apropriar dos simuladores e explorar a sua interatividade de forma a extrair o maior aprendizado possível do recurso.

A observação do número de visualizações e avaliação do público dos vídeos selecionados indica uma baixa popularidade das videoaulas que abordam o PhET na busca dentro da plataforma, sugerindo que o potencial desse tipo de vídeo talvez não seja a procura autogerenciada, mas sim indicação por profissionais do ensino. Diante disso, algumas contribuições específicas podem ser levantadas como sugestões para a produção por professores, especialmente docentes do nível médio de ensino. Apesar de o trabalho sugerir que há uma subutilização de estratégias didáticas nas videoaulas envolvendo o tema estudado, identificou-se potencial, por exemplo, para serem usadas como um guia para o estudante de química, ou ainda uma demonstração do tipo introdução, que oriente alguma atividade guiada ou investigativa, já que a presença desse tipo de atividade parece ser suportada pela própria proposta dos simuladores quanto pela TCAM. Os professores devem produzir videoaulas de acordo com os princípios da TCAM, como o princípio da coerência, da sinalização e da personificação, dentre os outros abordados no trabalho que parecem ser mais relevantes para o tema.

A metodologia usada, mais especificamente quanto à seleção do material, acabou selecionando vídeos muito distintos entre si, que se enquadraram por vezes mais, por vezes menos nos critérios de análise propostos. A complexidade do tema escolhido (isto é, o fato de as videoaulas fazerem referência a outros objetos de aprendizagem – os simuladores – que, por sua vez, abordam conceitos de química) foi responsável por uma avaliação dificultosa no caso de muitos vídeos com público alvo de estudantes do nível médio, principalmente pelo seu caráter predominantemente demonstrativo, ainda que isso não tenha sido algo generalizado

entre as videoaulas. Critérios de seleção como vídeos com uma determinada duração mínima, um determinado público alvo, um determinado conceito norteador da química, e eventualmente determinados canais da plataforma devem ser estudados em trabalhos futuros que possam minimizar esses problemas e selecionar um corpo de estudo com maior riqueza. Outra sugestão é a de que se possa abandonar a seleção através da busca por palavras chave, elaborando uma metodologia que possa refletir uma seleção realizada deliberadamente por educadores.

Já para aquelas videoaulas do tipo (EQ), constatou-se que muitos princípios citados por Mayer (2021) não são aparentemente tão relevantes para aprendizes com experiência, como o princípio da coerência (CLARK; MAYER, 2011, p. 164), da contiguidade espacial (MAYER, 2009, p. 135; MAYER, 2009, p.148), da segmentação (MAYER, 2009, p. 175), da pré-formação (MAYER, 2009), da personalização (MAYER 2009, p. 242) e da personificação (MAYER, 2021), indicando uma necessidade de reavaliar a metodologia de análise para esse tipo de público. A proposta de análise não foi, por esse motivo, plenamente adequada para aqueles vídeos do tipo (EQ), contribuindo de forma limitada para a discussão da adequação desses vídeos como ferramenta para a formação ou formação continuada de professores de química.

A metodologia fundamentada na TCAM construída neste trabalho parece promissora para novas análises de videoaulas. Ainda assim sua robustez pode ser ampliada pela elaboração de alguns pontos, como aprimorar critérios de classificação de vídeos segundo uma linguagem coloquial ou formal para o princípio da personalização, desenvolver uma metodologia mais adequada para a diferenciação entre os princípios da imagem e da personificação, principalmente naquilo que se refere ao uso de imagens não estáticas, desenvolver a metodologia no sentido de incluir o uso de gestos na sinalização (o uso da gesticulação parece reforçar a sinalização na medida em que movimentos com mãos ou corpo são realizados de forma sincronizada com a narração), e definir critérios mais robustos para avaliar a sinalização em videoaulas, especialmente quanto ao uso de expressões de sinalização como “primeiramente... em segundo lugar...” e expressões de ênfase. Para o princípio da personificação, pode-se adicionar a questão da legibilidade referente ao correto enquadramento do vídeo em relação ao corpo do apresentador. Uma proposta para isso é a análise quanto a "área útil" da videoaula e a adequada disposição dos elementos visuais na tela. Por fim, para o princípio da segmentação, deve-se construir novas propostas de seleção dos vídeos propondo buscas por



playlists (é possível fazer uma busca na plataforma do YouTube apenas por playlists utilizando os recursos de filtros).

O trabalho apresentou a necessidade de aprimorar a definição dos critérios 3-B, referente à exploração de métodos ativos em comparação ao critério referente às atividades gerativas, dada a sua semelhança. Deve-se esclarecer e diferenciar o uso de atividades de exploração, investigativas, métodos ativos e atividades gerativas no contexto dos vídeos educacionais. É necessário discutir a eventual ausência do professor, especialmente no caso de as videoaulas serem usadas de forma autogeridas, e o quanto isso poderia inviabilizar a aplicação de métodos ativos de ensino segundo a sua definição (não se defende aqui, como apontado por Nunes e Eichler (2018), que o uso de videoaulas em plataformas virtuais de aprendizagem substitua o professor). Por essa razão, talvez seja mais apropriado o uso do critério derivado das propostas de Mayer (2021), ou seja, o uso de atividades gerativas.

## REFERÊNCIAS

ADOBE (Estados Unidos). **Adobe Flash Player EOL General Information Page**. 2021. Disponível em: <https://www.adobe.com/br/products/flashplayer/end-of-life.html>. Acesso em: 6 nov. 2021.

BEHAR, Patricia Alejandra. **O Ensino Remoto Emergencial e a Educação a Distância**. 2020. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/coronavirus/base/artigo-o-ensino-remoto-emergencial-e-a-educacao-a-distancia/>. Acesso em: 3 nov. 2021.

CLARK, Ruth Colvin; MAYER, Richard E. **E-Learning and the Science of Instruction: proven guidelines for consumers and designers of multimedia learning**. 3. ed. São Francisco, Ca: Pfeiffer, 2011. 502 p.

COLVARA, Naira Brasil. Metodologia de ensino: método ativo. In: GASTALDO, Luís Fernando; ARENHART, Livio Osvaldo; DUTRA, Bruna Cristina (org.). **Formação Continuada Macromissionária: relatos de experiência**. Tubarão: Copiart, 2019. p. 96-105 p. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/196147634.pdf#page=96>. Acesso em: 3 nov. 2021.

COOPER, Paige. **How Does the YouTube Algorithm Work in 2021? The Complete Guide**. 2021. Disponível em: <https://blog.hootsuite.com/how-the-youtube-algorithm-works/>. Acesso em: 5 nov. 2021.

COVINGTON, Paul; ADAMS, Jay; SARGIN, Emre. Deep Neural Networks for YouTube Recommendations. **Proceedings of the 10th ACM Conference on Recommender Systems**, [S.l.], p. 191-198, 7 set. 2016. Disponível em: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/2959100.2959190>. Acesso em: 2 nov. 2021.

DEBBIE HERRINGTON (Estados Unidos). **ChemSims**. Disponível em: <http://chemsims.com/>. Acesso em: 21 out. 2021.

EICHLER, Marcelo Leandro. A produção de objetos educacionais digitais para o ensino de química: Exemplos de boas práticas. **Tecnologias de Informação e Comunicação na Prática Docente de Química e Ciências**. Outubro de 2016. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/324543133>>. Acesso em maio de 2021.

FIDELIS, João Pedro S.; GIBIN, Gustavo B. Contextualização como Estratégia Didática em Vídeo-aulas de Química. **Revista Virtual de Química**, [S.l.], v. 8, n. 3, p. 716-722, jan. 2016. Sociedade Brasileira de Química (SBQ). Disponível em: <http://static.sites.s bq.org.br/rvq.s bq.org.br/pdf/v8n3a13.pdf>. Acesso em: 17 out. 2021.

FIORELLA, Logan; MAYER, Richard E. **Learning as a Generative Activity**: eight learning strategies that promote understanding. Cambridge: Cambridge University Press, 2015. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/264233729\\_Learning\\_as\\_a\\_Generative\\_Activity\\_Eight\\_Learning\\_Strategies\\_that\\_Promote\\_Understanding](https://www.researchgate.net/publication/264233729_Learning_as_a_Generative_Activity_Eight_Learning_Strategies_that_Promote_Understanding). Acesso em: 25 out. 2021.

FIORELLA, Logan; MAYER, Richard E. What works and doesn't work with instructional video. **Computers in Human Behavior**, [S.l.], v. 89, p. 465-470, dez. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.chb.2018.07.015>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0747563218303376>. Acesso em: 16 jun. 2021.

GOOGLE (Estados Unidos). **Create & manage playlists**. 2021. Disponível em: <https://support.google.com/youtube/answer/57792?hl=en&co=GENIE.Platform%3DDesktop>. Acesso em: 3 nov. 2021.

HUMPHRIES, Matthew. **YouTube Will Remove All Video Annotations on Jan. 15**. 2018. Disponível em: <https://sea.pcmag.com/news/30519/youtube-will-remove-all-video-annotations-on-jan-15>. Acesso em: 5 nov. 2021.

JOHNSON, L.; BECKER, S. Adams; CUMMINS, M.; ESTRADA, V.; MEIRA, Adeline. **Perspectivas Tecnológicas para o Ensino Fundamental e Médio Brasileiro de 2012 a 2017**: uma análise regional do NMC Horizon Project. The New Media Consortium, Austin, 2012. 41 p. Disponível em: <http://zerohora.com.br/pdf/14441735.pdf>. Acesso em: 2 nov. 2021.

LANCASTER, Kelly; MOORE, Emily B.; PARSON, Robert; PERKINS, Katherine K. Insights from Using PhET's Design Principles for Interactive Chemistry Simulations. In: SUITS, Jerry P.; SANGER, Michael J. (ed.). **Pedagogic Roles of Animations and Simulations in Chemistry Courses**. Washington, D.C.: American Chemical Society, 2013. Cap. 5. p. 97-126. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/book/10.1021/bk-2013-1142>. Acesso em: 29 set. 2021.

LAWSON, Alyssa P.; MAYER, Richard E. The Power of Voice to Convey Emotion in Multimedia Instructional Messages. **International Journal of Artificial Intelligence in Education**, [S.l.], 1 out. 2021. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s40593-021-00282-y>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s40593-021-00282-y>. Acesso em: 8 out. 2021.

LEITE, Bruno Silva. **Tecnologias no Ensino de Química**: teoria e prática na formação docente. Curitiba: Appris, 2015. 365 p.

LIMA-DUARTE, Flávia Karolina; REINALDO, Maria Augusta Gonçalves de Macedo. Uma proposta interdisciplinar de análise e elaboração de material audiovisual sob o viés da aprendizagem multimodal. **Interfaces Científicas - Educação**, Aracaju, v. 7, n. 3, p. 183-196, 19 jun. 2019. Universidade Tiradentes. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.17564/2316-3828.2019v7n3p183-196>. Acesso em: 14 set. 2021.

MAUTONE, Patricia D.; MAYER, Richard E. Signaling as a cognitive guide in multimedia learning. **Journal of Educational Psychology**, [S.l.], v. 93, n. 2, p. 377-389, jun. 2001. American Psychological Association (APA). Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1037/0022-0663.93.2.377>. Acesso em: 27 set. 2021.

MAYER, Richard E. Evidence-Based Principles for How to Design Effective Instructional Videos. **Journal of Applied Research in Memory and Cognition**, v. 10, n. 2, p. 229-240, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jarmac.2021.03.007>. Acesso em 30 de jun. de 2021.

MAYER, Richard E. **Multimedia Learning**. 2. ed. Nova Iorque: Cambridge University Press, 2009. 304 p.

MAYER, Richard E.; HEISER, Julie; LONN, Steve. Cognitive constraints on multimedia learning: when presenting more material results in less understanding. **Journal of Educational Psychology**, [S.L.], v. 93, n. 1, p. 187-198, 2001. American Psychological Association (APA). Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/232530555\\_Cognitive\\_Constraints\\_on\\_Multimedia\\_Learning\\_When\\_Presenting\\_More\\_Material\\_Results\\_in\\_Less\\_Understanding](https://www.researchgate.net/publication/232530555_Cognitive_Constraints_on_Multimedia_Learning_When_Presenting_More_Material_Results_in_Less_Understanding). Acesso em: 8 set. 2021.

MAYER, Richard E.; GRIFFITH, Emily; JURKOWITZ, Ilana T. N.; ROTHMAN, Daniel. Increased interestingness of extraneous details in a multimedia science presentation leads to decreased learning. **Journal of Experimental Psychology: Applied**, [S.l.], v. 14, n. 4, p. 329-339, 2008. American Psychological Association (APA). Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/23684296\\_Increased\\_Interestingness\\_of\\_Extraneous\\_Details\\_in\\_a\\_Multimedia\\_Science\\_Presentation\\_Leads\\_to\\_Decreased\\_Learning](https://www.researchgate.net/publication/23684296_Increased_Interestingness_of_Extraneous_Details_in_a_Multimedia_Science_Presentation_Leads_to_Decreased_Learning). Acesso em: 22 set. 2021.

MOORE, Emily B; CHAMBERLAIN, Julia M.; PARSON, Robert; PERKINS, Katherine K. PhET interactive simulations: transformative tools for teaching chemistry. **Journal of Chemical Education**. Washington, D.C., p. 1191-1197. 2 jul. 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/ed4005084>. Acesso em: 29 set. 2021.

MOORE, Emily B.; HERZOG, Timothy A.; PERKINS, Katherine K. Interactive simulations as implicit support for guided-inquiry. **Chem. Educ. Res. Pract.**, [S.l.], v. 14, n. 3, p. 257-268, 2013. Royal Society of Chemistry (RSC). <http://dx.doi.org/10.1039/c3rp20157k>. Disponível em: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlehtml/2013/rp/c3rp20157k>. Acesso em: 14 out. 2021.

MORENO, Roxana; MAYER, Richard E. A coherence effect in multimedia learning: the case for minimizing irrelevant sounds in the design of multimedia instructional messages. **Journal of Educational Psychology**, [S.l.], v. 92, n. 1, p. 117-125, 2000. American Psychological Association (APA). Disponível em: <https://psycnet.apa.org/record/2000-03003-010>. Acesso em: 5 nov. 2021.

NIAZ, Mansoor. From cathode rays to alpha particles to quantum of action: a rational reconstruction of structure of the atom and its implications for chemistry textbooks. **Science Education**, [S.l.], v. 82, n. 5, p. 527-552, set. 1998. Wiley. Disponível em: [http://websites.umich.edu/~chemstu/content\\_weeks/F\\_06\\_Week4/Thompson\\_Rutherford\\_Bohr.pdf](http://websites.umich.edu/~chemstu/content_weeks/F_06_Week4/Thompson_Rutherford_Bohr.pdf). Acesso em: 20 fev. 2021.

NIAZ, Mansoor. Filosofía de la química o historia y filosofía de la ciencia como guía para comprender el desarrollo de la química. **Educación Química**, [S. l.], v. 23, n. 2, p. 244-247, maio 2012. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0187893X17301507>. Acesso em: 20 fev. 2021.

NUNES, Charles Silveira; EICHLER, Marcelo Leandro. O uso autogerenciado de videoaulas de química na preparação dos estudantes para exames de ingresso no ensino superior. **Renote**, [S.l.], v. 16, n. 2, p. 636-646, 28 dez. 2018. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/330117581>. Acesso em: 30 dez. 2020.

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE (Brasil). **OMS declara emergência de saúde pública de importância internacional por surto de novo coronavírus**. 2020. Disponível em: <https://www.paho.org/pt/news/30-1-2020-who-declares-public-health-emergency-novel-coronavirus>. Acesso em: 3 nov. 2021.

PAIVA, João Carlos; COSTA, Luiza Alves da. Exploration Guides as a Strategy To Improve the Effectiveness of Educational Software in Chemistry. **Journal of Chemical Education**, [S.l.], v. 87, n. 6, p. 589-591, 7 abr. 2010. American Chemical Society (ACS). Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/ed1001637>. Acesso em: 10 ago. 2021.

RIBEIRO, Marcus Eduardo Maciel; ROCHA FILHO, João Bernardes da; VIALI, Lori; LAHM, Regis Alexandre. Natureza Epistemológica dos Objetos de Aprendizagem para Ensino de Química no Ensino Médio. **Revista de Ensino Educação e Ciências Humanas**, Londrina, v. 17, n. 3, p. 245-250, ago. 2016. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/307547409\\_Natureza\\_Epistemologica\\_dos\\_Objeto\\_de\\_Aprendizagem\\_para\\_Ensino\\_de\\_Quimica\\_no\\_Ensino\\_Medio](https://www.researchgate.net/publication/307547409_Natureza_Epistemologica_dos_Objeto_de_Aprendizagem_para_Ensino_de_Quimica_no_Ensino_Medio). Acesso em: 13 out. 2021.

ROSSO, Ademir José; TAGLIEBER, José Erno. Métodos Ativos e Atividades de Ensino. **Perspectiva**, [S.l.], v. 10, n. 17, p. 37-46, jan. 1992. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/perspectiva/article/view/9147/10689>. Acesso em: 3 nov. 2021.

RUSSELL, Joel; KOZMA, Robert. Assessing Learning from the Use of Multimedia Chemical Visualization Software. In: GILBERT, John K. (ed.). **Visualization in Science Education**. [S.l.]: Springer, Dordrecht, 2005. p. 299-332. (Models and Modeling in Science Education). Disponível em: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/1-4020-3613-2\\_15](https://link.springer.com/chapter/10.1007/1-4020-3613-2_15). Acesso em: 24 maio 2021.

SÁ, Lucas Vivas de; ALMEIDA, Juscilene V. de; EICHLER, Marcelo Leandro. Classificação de objetos de aprendizagem: uma análise de repositórios brasileiros. **XV Encontro Nacional de Ensino de Química (XV ENEQ)**, Brasília, jul. 2010. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/319550094>. Acesso em: 13 out. 2020.

SNELSON, Chareen. Virtual Movie Sets and Branching Video: developing interactive educational machinima with second life and Youtube. **Educational Technology Faculty Publications and Presentations**, [S.l.], p. 16-30, 20 abr. 2010. Disponível em: [https://scholarworks.boisestate.edu/edtech\\_facpubs/6/](https://scholarworks.boisestate.edu/edtech_facpubs/6/). Acesso em: 2 nov. 2021.

SNELSON, Chareen. YouTube across the Disciplines: a review of the literature. **Merlot Journal of Online Learning and Teaching**, [S.l.], v. 7, n. 1, p. 159-169, mar. 2011. Disponível em: [https://jolt.merlot.org/vol7no1/snelson\\_0311.pdf](https://jolt.merlot.org/vol7no1/snelson_0311.pdf). Acesso em: 16 out. 2021.

SUL 21 (Brasil). **Retorno obrigatório às aulas presenciais no RS começa em 8 de novembro.** 2021. Disponível em: <https://sul21.com.br/noticias/educacao/2021/10/governo-do-rs-publica-decreto-que-torna-obrigatorio-o-retorno-as-aulas-presenciais/>. Acesso em: 5 nov. 2021.

UNIVERSIDADE DO COLORADO (Estados Unidos). **PhET Interactive Simulations.** 2021. Disponível em: <https://phet.colorado.edu/>. Acesso em: 21 out. 2021.

YOUTUBE (Estados Unidos). **Pesquisa do YouTube.** 2021. Disponível em: [https://www.youtube.com/intl/ALL\\_br/howyoutubeworks/product-features/search/](https://www.youtube.com/intl/ALL_br/howyoutubeworks/product-features/search/). Acesso em: 5 nov. 2021.

## APÊNDICE A – DADOS DAS VIDEOAULAS DA BUSCA “PHET QUIMICA”

Vídeo	Título Reduzido	Canal	Publicado por	Link	Duração	Data de publicação	Idioma	Legendas.	nº seguidores	nº visuals.	"gostei"	"não gostei"	nº coment.
Q1	Química - Zé Geraldo. Simulação sobre concentrações	Deu Química! Zé Geraldo	PI	<a href="https://youtu.be/FuL9ZrSm_ml">https://youtu.be/FuL9ZrSm_ml</a>	10:31	25/03/2020	PT	aut. ger.	923	928	35	1	2
Q2	PhET Simulador   Você só dá aula ?	Você só dá aula?	PI	<a href="https://youtu.be/K1MNpXInnQE">https://youtu.be/K1MNpXInnQE</a>	21:34	02/06/2019	PT	aut. ger.	49000	7327	446	4	31
Q3	PhET Química - Construir um átomo	Química Invertida - Prof. Isael Minzon	PI	<a href="https://youtu.be/3Sc6NYIAJjs">https://youtu.be/3Sc6NYIAJjs</a>	5:23	05/04/2020	PT	aut. ger.	311	1612	55	0	0
Q4	DETERMINANDO O pH DE SUBSTÂNCIAS ÁCIDAS	Vagnão da Química	PI	<a href="https://youtu.be/sw3JA8XaUb8">https://youtu.be/sw3JA8XaUb8</a>	13:17	18/06/2020	PT	aut. ger.	120	545	23	1	3
Q5	A melhor ferramenta para você dinamizar suas aulas	Universidade da Química	PI	<a href="https://youtu.be/CmOvzZKI4IQ">https://youtu.be/CmOvzZKI4IQ</a>	12:05	20/09/2020	PT	aut. ger.	114000	1893	401	2	158
Q6	SIMULAÇÕES PhET PARA O ENSINO REMOTO	DAQ UFPE	TA	<a href="https://youtu.be/F5qGyRYmbEo">https://youtu.be/F5qGyRYmbEo</a>	9:20	25/03/2021	PT	aut. ger.	463	178	31	0	12
Q7	SIMULAÇÃO PhET - BALANCEAMENTO	ExataMente	TA	<a href="https://youtu.be/V06e4tug0OA">https://youtu.be/V06e4tug0OA</a>	9:25	03/10/2020	PT	aut. ger.	184	224	26	0	2
Q8	PhET Química - Estados Físicos da Matéria	Química Invertida - Prof. Isael Minzon	PI	<a href="https://youtu.be/1ARiXqMx7ao">https://youtu.be/1ARiXqMx7ao</a>	6:20	05/04/2020	PT	aut. ger.	311	204	4	0	1
Q9	PHET - Universidade do Colorado x Deu Química!	Deu Química! Zé Geraldo	PI	<a href="https://youtu.be/RCT2RyxNwAs">https://youtu.be/RCT2RyxNwAs</a>	5:13	22/03/2021	PT	aut. ger.	923	20	1	0	0
Q10	PhET - Balanceamento Químico   Caio Faiad	Caio Faiad	PI	<a href="https://youtu.be/VyJdK2riq-U">https://youtu.be/VyJdK2riq-U</a>	7:14	26/03/2019	PT	aut. ger.	2890	870	44	1	5
Q11	Faça simulações incríveis em sua sala de aula com PHET!	Professor Original	PI	<a href="https://youtu.be/K62CMPyymLg">https://youtu.be/K62CMPyymLg</a>	9:42	28/10/2020	PT	aut. ger.	1450	160	17	0	0
Q12	Apresentando o PhET COLORADO como	Física com Mestre Roger	PI	<a href="https://youtu.be/z4cibcLgyOo">https://youtu.be/z4cibcLgyOo</a>	6:46	25/04/2019	PT	aut. ger.	1130	2994	64	1	3

Fonte: Elaboração própria.

## APÊNDICE B – DADOS DAS VIDEOAULAS SELECIONADAS DA BUSCA “PHET CHEMISTRY”

Video	Título Reduzido	Canal	Publicado por	Link	Duração	Data de publicação	Idioma	Legendas	nº seguidores	nº visuals.	"gostei"	"não gostei"	nº coment.
C1	Introduction to How to Use PhET Simulations	Sarah English	PI	<a href="https://youtu.be/ygzuazkgvH4">https://youtu.be/ygzuazkgvH4</a>	18:27	09/07/2020	EN	aut. ger.	1380	1036	12	0	1
C2	How to Balance Equations Using the PhET	Straight Science	PI	<a href="https://youtu.be/k74YGRT1kek">https://youtu.be/k74YGRT1kek</a>	5:44	11/03/2020	EN	aut. ger.	1430	2.464	22	3	0
C3	How to Build an Atom - Phet Simulation	Wortho's Math, Chemistry and Science Help	PI	<a href="https://youtu.be/wGEV7JPRc8">https://youtu.be/wGEV7JPRc8</a>	4:12	03/04/2020	EN	aut. ger.	282	17388	119	8	8
C5	Instructions for pHET Build a Molecule	Melanie Edens	PI	<a href="https://youtu.be/H3rrOt9ma2E">https://youtu.be/H3rrOt9ma2E</a>	4:48	15/07/2020	EN	aut. ger.	8	944	8	1	0
C6	Boyle's Law - Boyle's Law Simulation - Boyle's	Engineering Made Easy	PI	<a href="https://youtu.be/q-c5iBkszQ">https://youtu.be/q-c5iBkszQ</a>	8:18	01/06/2020	EN	aut. ger.	115000	3321	39	3	2
C7	Chemistry - Gases - PHET Simulation (temperature,	John Collier	PI	<a href="https://youtu.be/A AHuIF3pHsg">https://youtu.be/A AHuIF3pHsg</a>	4:06	17/04/2020	EN	aut. ger.	20	300	6	1	0
C8	HChem304B MNVA Unit2 Lab solubility PhET	MsRScienceClassK12	PI	<a href="https://youtu.be/18MAziyrTQs">https://youtu.be/18MAziyrTQs</a>	8:53	13/02/2019	EN	aut. ger.	364	907	4	0	0
C9	PhET States of Matter	David Walsh	PI	<a href="https://youtu.be/w1wOw-frclg">https://youtu.be/w1wOw-frclg</a>	9:22	28/07/2016	EN	aut. ger.	7100	7080	29	5	0
C10	PhET Free online physics, chemistry, biology, earth science	Erik Lopez	PI	<a href="https://youtu.be/lfOsdkFAQ-M">https://youtu.be/lfOsdkFAQ-M</a>	2:19	30/03/2020	EN	não	27	575	5	1	2
C11	How to use the PhET Build an Atom simulation	Royal Society Of Chemistry	IN	<a href="https://youtu.be/IQtP5Uok7Ng">https://youtu.be/IQtP5Uok7Ng</a>	0:44	23/11/2015	EN	EN	82000	13478	20	3	0
C12	Atomic Interactions screencast v4.4	ChemSims Project	GP	<a href="https://youtu.be/pfwwV9GYvCkU">https://youtu.be/pfwwV9GYvCkU</a>	6:07	09/08/2019	EN	aut. ger.	57	2039	16	1	2

Fonte: Elaboração própria.



## APÊNDICE C – PROPOSTA DE MATRIZ DE ANÁLISE ENVIADA PARA AVALIAÇÃO

### UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

#### **Proposta de Matriz de Análise: Classificação e análise de videoaulas abordando o PhET**

Esta proposta de matriz de análise é desenvolvida pelo estudante de Licenciatura em Química Rafael Marques Müller, com a orientação do prof. Marcelo Leandro Eichler.

Os simuladores PhET são objetos de aprendizagem (OA) desenvolvidos pela Universidade do Colorado nas áreas de ciências da natureza e matemática. Eles são amplamente utilizados ao redor do globo e estão disponibilizados gratuitamente no site da universidade (MOORE et al, 2014). Fazendo um paralelo com a educação brasileira, eles abrangem conteúdos desde o ensino básico até o ensino superior.

A partir de uma leitura flutuante dos vídeos encontrados da busca no Youtube por “phet química” foram identificadas duas categorias de vídeos. Alguns se tratam de vídeos com um público alvo de estudantes de química do ensino básico, e por isso abordam conceitos de química. Outros possuem como público alvo professores e estudantes de licenciatura, e por isso abordam principalmente o ensino de química. Esses últimos foram classificados como videoaulas (EQ), enquanto os primeiros como videoaulas (CQ), como na Tabela 1. Essa classificação deverá ser útil na discussão dos resultados da análise.

Tabela 1 - Classificação das videoaulas por público alvo

<b>Público alvo</b>	<b>Tema</b>	<b>Classificação</b>
<b>Estudantes de química do ensino básico</b>	Conceitos de química	CQ
<b>Professores e estudantes do ensino superior</b>	Ensino de química	EQ

Fonte: Elaboração própria.

A análise dos vídeos educacionais proposta aqui deve se fundamentar numa abordagem construtivista de ensino, contexto em que já se encontram os OA's (EICHLER, 2016; SÁ et al, 2010), nos princípios de design segundo os quais os simuladores PhET foram desenhados (MOORE et al, 2014) e ainda nos princípios de

*multimedia learning*, especialmente aqueles que demonstram eficácia ao tratar-se de vídeos educacionais, como apontado por Mayer (2021).

## **1. Análise do conteúdo e da abordagem pedagógica**

Ainda que o objetivo dos vídeos (CQ) seja primeiramente educacional, os vídeos (EQ) são entendidos aqui como vídeos educacionais da didática da química. Em ambas as categorias, deverão ser identificados os simuladores PhET que são abordados, os conceitos de química tratados e eventuais erros conceituais apresentados referentes a esses conceitos. Também espera-se que a contextualização esteja presente em ambos, ainda que nos vídeos do tipo (CQ) ela se trate de uma estratégia didática histórica, metodológica, ou sócioambiental, como apresentado por Fidelis e Gibin (2016), trazendo ou não referências históricas ou filosóficas do desenvolvimento dos conceitos químicos (NIAZ, 2012), enquanto nos vídeos do tipo (EQ) se trate de uma contextualização das realidades escolares, ou seja, se o vídeo apresenta uma discussão no sentido da aplicabilidade, efetividade, acessibilidade e/ou viabilidade dos recursos PhET em diferentes escolas e realidades socioeconômicas. Ainda nos vídeos do tipo (EQ), a contextualização também pode se dar pela exploração dos recursos presentes nos simuladores PhET, que são desenhados, segundo Lankaster e colaboradores (2005), para que se possa fazer conexões com o cotidiano.

Identificar-se-á se há proposição de guias de exploração do software para o uso em aula orientado pelo professor que identifiquem caminhos importantes de aprendizado para o estudante preservando uma abertura e flexibilidade característicos de uma aprendizagem construtivista (PAIVA, 2010), ou ainda outras atividades ativas de investigação ou de resolução de problemas (EICHLER, 2016). Esse tipo de atividade dialoga com a própria proposta segundo a qual os simuladores PHET foram desenhados (LANKASTER et al., 2013).

A Tabela 2 a seguir os critérios de análise de ambos conteúdos e abordagem pedagógica das videoaulas. As respostas para cada critério, individuais para cada produção, deverão ser uma listagem dos simuladores e dos conceitos nas primeiras duas questões. O nível de ensino dos conceitos de química abordados deverá ser (FUND) para ensino fundamental, (MED) para ensino médio e (SUP) para ensino superior. Em caso de os vídeos tratarem de mais de um nível de ensino, a

classificação será feita pelo nível mais elevado. Em relação a presença de erros conceituais, devem ser respostas do tipo “sim”, “não”, ou “não se aplica”.

As três últimas questões devem possuir respostas semelhantes à análise proposta por Niaz (1998) para identificação da reconstrução histórica e filosófica de conceitos de estrutura atômica nos livros didáticos de química, satisfatórias (S), para vídeos que explorem ou possuam conteúdo explicativo sobre a questão; (M), para vídeos que citam ou façam menção; ou (N), para vídeos que não mencionam nem exploram a questão.

Tabela 2 – Matriz de análise dos conteúdos das videoaulas

Código	Critério	Tipo de Resposta
1-A	Quais os simuladores de química abordados?	Listagem dos simuladores
2-A	Quais os conceitos de química tratados?	Listagem dos conceitos centrais
3-A	Qual o nível de ensino dos conceitos de química?	FUND/MED/SUP
4-A	Foram encontrados erros conceituais de química?	SIM/NÃO/NA*
1-B	Há contextualização?	S/M/N
2-B	Propõe ou usa guias exploratórios?	S/M/N
3-B	Propõe ou explora atividades ativas?	S/M/N

Fonte: Elaboração própria. \*NA: não se aplica.

## 2. Análise com base na Teoria Cognitiva de Aprendizagem Multimídia

Mayer (2021) apresenta um total de 13 princípios para o design de vídeos educacionais baseados em evidência a partir de seus estudos prévios a na Teoria Cognitiva de Aprendizado Multimídia (TCAM), somados a premissa básica da teoria de que as pessoas aprendem melhor através de palavras e imagens do que de apenas palavras (Mayer, 2009). Cada princípio possui um dos três seguintes objetivos: (a) reduzir o processamento (pelo estudante) que não serve ao objetivo instrucional removendo elementos desnecessários (*extraneous processing*); (b) otimizar a complexidade do material (*essential processing*); e (c) promover a motivação do estudante (*generative processing*). Descrição e exemplos de cada princípio são encontrados na Tabela 3.

Tabela 3 – Princípios baseados em evidência para a produção de videoaulas

<b>Princípio</b>	<b>Descrição</b>	<b>Exemplo</b>
<b>Multimídia</b>	Apresentar palavras e gráficos ao invés de apenas palavras	Vídeo apresenta palavras e gráficos
<b>REDUZIR PROCESSAMENTO ESTRANHO</b>		
<b>Coerência</b>	Evitar materiais estranhos ao objetivo central da videoaula	Evitar slides com grandes logos ou planos de fundo coloridos
<b>Sinalização</b>	Indicar conceitos centrais	O instrutor aponta àqueles elementos aos quais se refere
<b>Redundância</b>	Não adicionar legendas à narração	Vídeo não contém legendas (exceto quando as palavras são técnicas ou no segundo idioma do aprendiz)
<b>Contiguidade espacial</b>	Posicionar textos próximos às partes correspondentes nos gráficos	Slides contém palavras próximas aos gráficos correspondentes
<b>Contiguidade temporal</b>	A narração é sincronizada com o material visual	A narração do instrutor é sincronizada com os slides
<b>GERENCIAR PROCESSAMENTO ESSENCIAL</b>		
<b>Segmentação</b>	Segmentar uma aula complexa em partes sucessivas sob o controle do aprendiz	Permitir que o estudante pressione um botão para dar segmento ao próximo slide da videoaula
<b>Pré-formação</b>	Providenciar uma formação prévia sobre os nomes e características dos conceitos centrais	O vídeo apresenta uma introdução com nomes e características dos conceitos centrais
<b>Modalidade</b>	Apresentar palavras no formato de narração	O vídeo inclui a voz do instrutor
<b>ESTIMULAR PROCESSAMENTO GERATIVO</b>		
<b>Personalização</b>	Usar linguagem coloquial	Instrutor fala em primeira e segunda pessoa usando expressões como “eu”, “você”, “nós”, e/ou “vamos”
<b>Voz</b>	Usar voz humana atraente	Instrutor fala com voz amigável que transmite uma emoção positiva
<b>Imagem</b>	Não apresentar imagem estática do instrutor	O vídeo não contém uma janela com a foto do instrutor
<b>Personificação</b>	Apresentar gestos do instrutor	Instrutor escreve e desenha no quadro na medida em que leciona Instrutor mantém contato visual enquanto leciona Instrutor faz gestos dinâmicos na medida em que leciona Demonstração é filmada em perspectiva de primeira pessoa
<b>Atividade gerativa</b>	Inserir atividades de aprendizado gerativas	O instrutor orienta o estudante a escrever uma breve explicação de cada etapa do vídeo

Fonte: Mayer, 2009. Tradução própria.

No item avaliação, os vídeos, após análise, devem ser classificados como (S) para vídeos que exploram o que se sugere no critério satisfatoriamente; (N), quando

não exploram; (NA), para vídeos em que o critério não se aplica; ou então (P), quando exploram apenas parcialmente.

## REFERÊNCIAS

EICHLER, Marcelo Leandro. **A produção de objetos educacionais digitais para o ensino de química: Exemplos de boas práticas.** Tecnologias de Informação e Comunicação na Prática Docente de Química e Ciências. Outubro de 2016. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/324543133>>. Acesso em maio de 2021.

FIDELIS, J. P. S.; GIBIN, G. B. **Contextualização como Estratégia Didática em Vídeo-aulas de Química.** Rev. Virtual Quim., 2016, 8 (3), 716-723. Data de publicação na Web: 4 de fevereiro de 2016

LANCASTER, Kelly; MOORE, Emily B.; PARSON, Robert; PERKINS, Katherine K.. Insights from Using PhET's Design Principles for Interactive Chemistry Simulations. In: SUITS, Jerry P.; SANGER, Michael J. (ed.). **Pedagogic Roles of Animations and Simulations in Chemistry Courses.** Washington, D.C.: American Chemical Society, 2013. Cap. 5. p. 97-126. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/book/10.1021/bk-2013-1142>. Acesso em: 29 set. 2021.

MOORE, Emily B. et al. PhET interactive simulations: Transformative tools for teaching chemistry. **Journal of Chemical Education**, v. 91, n. 8, p. 1191-1197, 2014. Disponível em: <<https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/ed4005084>>.

MAYER, R. E. **Evidence-Based Principles for How to Design Effective Instructional Videos.** Journal of Applied Research in Memory and Cognition. 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jarmac.2021.03.007>>. Acesso em 30 de junho de 2021.

MAYER, Richard E. **Multimedia Learning.** 2. ed. Nova Iorque: Cambridge University Press, 2009. 304 p.

NIAZ, Mansoor. **From cathode rays to alpha particles to quantum of action: A rational reconstruction of structure of the atom and its implications for chemistry textbooks.** Science Education, V. 82: pgs. 527-552. 1998. Disponível em: <[https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-237X\(199809\)82:5<527::AID-SCE1>3.0.CO;2-B](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(199809)82:5<527::AID-SCE1>3.0.CO;2-B)>. Acesso em 18 de agosto de 2021.

NIAZ, Mansoor. **Filosofía de la química o historia y filosofía de la ciencia como guía para comprender el desarrollo de la química.** Educación Química, Volume 23, Supplement 2, 2012, Pages 244-247, ISSN 0187-893X. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0187893X17301507>>. Acesso em 18 de agosto de 2021.

PAIVA, J. C.; COSTA, L. A. **Exploration Guides as a Strategy To Improve the Effectiveness of Educational Software in Chemistry.** American Chemical Society and Division of Chemical Education, Inc. Vol. 87 No. 6 June 2010. Journal of Chemical Education. Disponível em: <<https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/ed1001637>>. Acesso em 10 de agosto de 2021.

SÁ, Lucas Vivas de; ALMEIDA, Juscilene V. de; EICHLER, Marcelo Leandro. **Classificação de objetos de aprendizagem: uma análise de repositórios brasileiros.** XV Encontro Nacional de Ensino de Química (XV ENEQ) – Brasília, DF, Brasil – 21 a 24 de julho de 2010. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/319550094>>. Acesso em maio de 2021.

## APÊNDICE D – CATEGORIZAÇÃO, SIMULADORES E CONCEITOS APRESENTADOS NAS VIDEOAULAS

Vídeo	Púb. Alvo	Nível dos conteúdos*	Simuladores	Conceitos de química	Há erros conceituais
Q1	CQ	MED	Concentração	soluções	SIM
Q2	EQ	MED	Concentração; Rampa: Forças e Movimento; Seleção Natural	NA	NÃO
Q3	CQ	MED	Monte um Átomo	modelo atômico	NÃO
Q4	CQ	MED	Escala de pH	acidez e basicidade	SIM
Q5	EQ	MED	Rutherford; Soluções Ácido-base	modelo de Rutherford; acidez e basicidade	NÃO
Q6	EQ	NA	NA	NA	NA
Q7	EQ	MED	Balanceamento de Equações Químicas	balanceamento de equações	NÃO
Q8	CQ	MED	Estados da Matéria	estados físicos da matéria	NÃO
Q9	CQ	MED	Concentração	soluções	SIM
Q10	EQ	MED	Balanceamento de Equações Químicas	balanceamento de equações	NÃO
Q11	EQ	NA	Energia na Pista de Skate; Frações: Igualdade; John Travoltage; Onda na Corda	NA	NA
Q12	EQ	MED	Balões e Eletricidade Estática; Balançando; Frações: Intro; Escala de pH	acidez e basicidade	NÃO
C1	EQ	MED	Soluções de Açúcar e Sal; Reações e Taxas; Molaridade	NA	NA
C2	CQ	MED	Balanceamento de Equações Químicas	estequiometria	NÃO
C3	CQ	MED	Monte um Átomo	átomo; íon; tabela periódica	NÃO
C5	CQ	MED	Monte uma Molécula	molécula	NÃO
C6	CQ	MED	Gases: Introdução	lei de Boyle	SIM
C7	CQ	MED	Gases: Introdução	gases ideais	NÃO
C8	CQ	MED	Concentração	soluções	NÃO
C9	CQ	MED	Estados da Matéria	estados da matéria	NÃO
C10	EQ/CQ	NA	Kit para Montar Circuito DC	NA	NA
C11	EQ	MED	Monte um Átomo	átomo; elemento	NÃO
C12	CQ	MED	Interações Atômicas	molécula; ligação química; energia de reação	NÃO

Fonte: Elaboração própria. \*Nível dos conteúdos de química.

## APÊNDICE E – ANÁLISE DA ABORDAGEM DIDÁTICA

Vídeo	Há contextualização?	Propõe ou usa guias exploratórios?	Propõe ou explora atividades ativas?
Q1	M	N	N
Q2	S	M	M
Q3	N	N	N
Q4	N	N	N
Q5	N	N	N
Q6	S	N	M
Q7	N	M	N
Q8	N	N	N
Q9	N	N	N
Q10	N	N	N
Q11	M	N	N
Q12	N	M	N
C1	S	M	M
C2	N	N	N
C3	N	N	N
C5	N	N	N
C6	N	N	N
C7	N	S	N
C8	N	S	S
C9	N	N	N
C10	N	N	N
C11	N	N	M
C12	N	N	S

Fonte: Elaboração própria.

## APÊNDICE F – RESULTADOS DA ANÁLISE FUNDAMENTADA NOS PRINCÍPIOS DA TCAM

Vídeo	Multimídia	Coerência	Sinalização	Redundância	Contiguidade espacial	Contiguidade temporal	Segmentação	Pré-formação	Modalidade	Personalização	Voz	Imagem	Personificação	Atividade gerativa
Q1	S	P	P	S	S	S	N	N	S	S	P	S	S	N
Q2	S	P	S	S	NA	S	N	P	S	S	S	S	S	N
Q3	S	P	P	S	S	S	N	N	S	S	S	S	P	N
Q4	P	P	P	S	S	S	N	S	S	S	S	S	P	N
Q5	S	P	P	S	NA	S	N	N	S	S	S	S	S	N
Q6	N	S	N	N	NA	S	N	P	S	N	P	S	P	N
Q7	S	P	P	S	NA	S	N	N	S	N	S	S	P	N
Q8	S	P	P	S	S	S	N	N	S	S	S	S	P	N
Q9	S	S	S	S	S	S	N	N	S	S	S	S	P	N
Q10	S	P	S	S	NA	S	N	N	S	S	S	S	P	N
Q11	S	N	S	S	NA	S	N	N	S	S	S	S	P	N
Q12	S	N	S	S	NA	S	N	N	S	S	S	S	P	N
C1	S	P	P	P	P	S	N	N	S	S	S	S	P	N
C2	S	S	S	S	NA	S	N	N	S	S	P	S	S	N
C3	S	P	S	S	S	S	N	N	S	S	S	S	P	N
C5	S	S	S	S	S	S	N	N	S	S	S	S	P	S
C6	S	S	P	S	S	S	N	S	S	S	S	S	P	N
C7	S	P	P	S	S	S	N	N	S	S	S	S	P	N
C8	S	S	S	S	S	S	N	N	S	S	S	S	P	S
C9	S	S	S	S	S	S	N	N	S	S	S	S	P	N
C10	S	P	S	S	S	S	N	N	S	S	P	S	P	N
C11	S	S	S	S	NA	S	N	N	S	S	S	S	P	N
C12	S	S	P	S	S	S	P	N	S	S	S	S	P	S

Fonte: Elaboração própria.



## ANEXO A – PÁGINA DE GUIA DE EXPLORAÇÃO DO SITE PHET

Name \_\_\_\_\_ Date \_\_\_\_\_ Period \_\_\_\_\_

Concentration PhET Weblab – Use HTML 5/Chromebooks

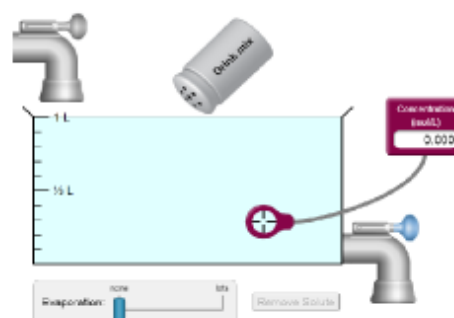
[https://phet.colorado.edu/sims/html/concentration/latest/concentration\\_en.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/concentration/latest/concentration_en.html)



**Pre-Lab: use your textbook or google to define the following terms on paper & attach**

- |                   |                  |            |             |               |
|-------------------|------------------|------------|-------------|---------------|
| 1. Saturated      | 3. Solubility    | 5. Solute  | 7. Molarity | 9. Molar      |
| 2. Supersaturated | 4. Concentration | 6. Solvent | 8. Dilute   | 10. Insoluble |

**Part 1: Concentration Calculations Using Molarity Formula - Procedure:**

- For Trial 1: Fill up the tank to 1 L, choose Solute: Drink Mix(solid), drag purple concentration meter into the tank as shown:
- Shake the shaker to add solute to the water until you have an approx. concentration = 2 mol/L. Record the exact "Concentration of Soln" in Data Table 1.
- Reduce the volume of water to approx. 0.50 L by draining half the tank. Without recording anything, notice any effect on the concentration and answer Question 1.



- Click  to begin next trial.
- For Trial 2(etc), Choose Cobalt (II) Nitrate (solid) & record its chemical formula and molar mass in Data Table 1. Fill your tank to the 9<sup>th</sup> mark as shown. Note the tank's volume is graduated by 0.1 L marks, so the volumes are written to the hundredths decimal place. Again, add solute until your concentration is approx. 2.0 mol/L and record the exact concentration in your table. If the solution reaches saturation before you are able to reach this concentration, write the word "SATURATED" in the concentration column and mark through the rest of that row on the Analysis Table – We will discuss saturation in Part 2. Click  to begin next trial
- Repeat #5 for the other solid solutes, each time use 0.1 L less water (one mark down)

**Part 1-Analysis:**

- For the unsaturated trials only, use the molarity formula: 
$$\text{Molarity} = \frac{\text{moles of solute}}{\text{volume of solution in liters}}$$
 to find the moles of solute added in each trial, fill in Analysis Table 1. Note – the unit for Molarity is mol/L, but is often called "Molar," abbreviated with a capital "M." Show work for Cobalt(II) Nitrate only below:

Fonte: Universidade do Colorado, 2021. Disponível em <https://phet.colorado.edu/en/contributions/view/4327>. Acesso em: 8 nov. 2021.

## ANEXO B – EXEMPLO DE GUIA DE EXPLORAÇÃO EM PORTUGUÊS



EQU222 – FÍSICO QUÍMICA 1  
 Professor Mateus Tomaz Neves  
 mateustneves@gmail.com

### ATIVIDADE AVALIATIVA - As leis dos gases ideais

Nome: \_\_\_\_\_ Matrícula: \_\_\_\_\_

#### Questão 1: As leis dos gases ideais

Utilizando um navegador Web, acesse o site, que contém a simulação referente a esta atividade.

Na página que abrir, escolha a opção “laws”:

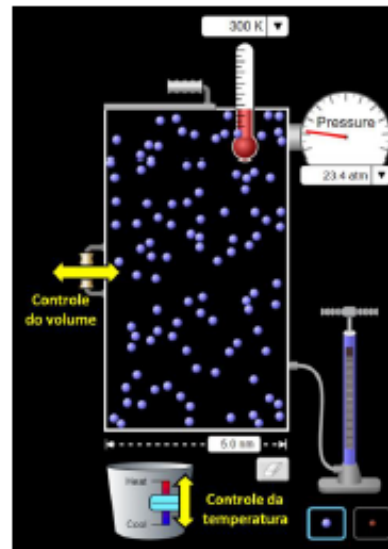
[https://phet.colorado.edu/sims/html/gases-intro/latest/gases-intro\\_en.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/gases-intro/latest/gases-intro_en.html)



Configure o seu sistema conforme as instruções a seguir e a imagem ao lado:

- ✓ Marque a opção “*Width*” para visualizar a régua abaixo do recipiente.  
**Obs:** Com a medida do comprimento, será possível calcular o volume. Considere que as demais dimensões são: **1 mm de profundidade e 1 mm de altura;**
- ✓ Adicione ao recipiente 100 partículas pesadas (*Heavy*). (Você poderá adicionar partículas utilizando a seta dupla ou acionando a bomba manual situada ao lado do recipiente);
- ✓ Para cada uma das situações a seguir, siga as orientações descritas. Sempre que necessário, atualize a página para voltar à condição inicial.

A temperatura e o volume do sistema podem ser alterados manualmente, conforme indicação na imagem a seguir:



a) Observação da Lei de Boyle e Mariotti: variação da pressão com o volume, a temperatura constante;  
 a.1) Estando o sistema com 100 partículas “pesadas” e à temperatura de 300 K, selecione a opção “Temperature” no menu “Hold constant”, para mantê-la constante. Registre as medidas do comprimento e da pressão (observadas na simulação) e do volume (calculado por meio das dimensões do recipiente) na tabela a seguir. Varie o comprimento de 2 em 2 nm iniciando em 5 nm até atingir 15 nm. Após finalizar as medidas a 300 K, selecione “Nothing” no menu “Hold constant”, aqueça o sistema para as temperaturas de 400 K e 500 K, repetindo todo procedimento para cada temperatura, registrando os valores na tabela.

				T = 300 K	T = 400 K	T = 500 K
LEI DE BOYLE E MARIOTTI	width (m)	V (m <sup>3</sup> )	1/V (m <sup>-3</sup> )	P (atm)		
		5x10 <sup>-9</sup>				

a.2) Construa o gráfico de pressão (eixo y) versus volume (eixo x), representando no mesmo gráfico os resultados obtidos para as 3 temperaturas analisadas.

Gráfico pressão versus volume

a.3) Construa o gráfico de pressão (eixo y) versus o inverso do volume (eixo x), representando no mesmo gráfico os resultados obtidos para as 3 temperaturas analisadas.

Gráfico pressão versus 1/volume

a.4) No gráfico construído no item a.2, as curvas são chamadas de: \_\_\_\_\_

b) Observação da Lei de Charles e Gay Lussac - parte 1: variação do volume com a temperatura, a pressão constante;

b.1) Volte o sistema para a posição inicial (100 partículas pesadas, comprimento de 5 nm, temperatura 300 K). No menu "Hold constant", marque agora a opção "Pressure  $\updownarrow$  V". Registre as medidas do comprimento (observada na simulação) e do volume (calculado) na tabela a seguir. Varie a temperatura de 100 em 100 K iniciando em 300 K até atingir 800 K, registrando os valores na tabela:

	P = constante		
	T (K)	"width" (m)	V (m <sup>3</sup> )
LEI DE CHARLES E GAY LUSSAC: PARTE 1			

b.2) Construa o gráfico de volume (eixo y) versus temperatura (eixo x) para esse experimento.

Gráfico volume versus temperatura

b.3) No gráfico construído no item b.2, as curvas são chamadas de: \_\_\_\_\_

c) Observação da Lei de Charles e Gay Lussac - parte 2: variação da pressão com a temperatura, a volume constante;

c.1) Volte o sistema para a posição inicial (100 partículas pesadas, comprimento de 5 nm, temperatura 300 K). No menu "Hold constant", marque agora a opção "Volume". Registre as medidas de pressão na tabela a seguir. Varie a temperatura de 100 em 100 K iniciando em 300 K até atingir 800 K, registrando os valores na tabela:

	V = constante	
	T (K)	P (atm)
LEI DE CHARLES E GAY LUSSAC: PARTE 2		

c.2) Construa o gráfico de pressão (eixo y) versus temperatura (eixo x) para esse experimento.

Gráfico pressão versus temperatura

c.3) No gráfico construído no item c.2, as curvas são chamadas de: \_\_\_\_\_