



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

DEPARTAMENTO DE QUÍMICA FUNDAMENTAL

CURSO DE QUÍMICA - LICENCIATURA

GABRIEL FELIPE SALLES TEMÓTEO

AULAS DE ESTEQUIOMETRIA NA PLATAFORMA YOUTUBE: UMA ANÁLISE A
PARTIR DA TEORIA COGNITIVA DA APRENDIZAGEM MULTIMÍDIA.

RECIFE

2023

GABRIEL FELIPE SALLES TEMÓTEO

AULAS DE ESTEQUIOMETRIA NA PLATAFORMA YOUTUBE: UMA ANÁLISE A
PARTIR DA TEORIA COGNITIVA DA APRENDIZAGEM MULTIMÍDIA.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Licenciatura em Química da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a Obtenção do grau de Licenciado em Química.

Orientadora: Profa. Dra. Jaqueline Dantas Sabino

RECIFE
2023

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Temóteo, Gabriel Felipe de Salles.

Análise de videoaulas do YouTube sobre o conteúdo de Estequiometria a partir da Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia / Gabriel Felipe de Salles Temóteo. - Recife, 2023.

69 p. : il.

Orientador(a): Jaqueline Dantas Sabino

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Ciências Exatas e da Natureza, Química - Licenciatura, 2023.

1. Química (Ensino médio) . 2. Educação. 3. Estequiometria. 4. Videoaulas.
I. Sabino, Jaqueline Dantas. (Orientação). II. Título.

370 CDD (22.ed.)

GABRIEL FELIPE DE SALLES TEMÓTEO

ANÁLISE DE VIDEOAULAS DO YOUTUBE SOBRE O CONTEÚDO DE ESTEQUIOMETRIA A PARTIR DA TEORIA COGNITIVA DA APRENDIZAGEM MULTIMÍDIA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Licenciatura em Química da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de Licenciado em Química pela UFPE.

Aprovado em: 05/05/2023

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. Jaqueline Dantas Sabino de Lima (Orientadora)
Professora Substituta no Departamento de Ensino e Currículo-CE/UFPE

Prof. Dr. Ricardo Oliveira (Examinador interno)
Departamento de Química Fundamental – CCEN/UFPE

Dr. Eliemerson de Souza Sales (Examinador externo)
Doutor em Ensino de Ciências pela UFRPE

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer também a algumas pessoas muito importantes em minha vida. Primeiramente, meu pai, Antônio, e minha mãe, Regina, por seu amor incondicional, apoio e incentivo em cada passo da minha jornada acadêmica. Sempre me motivaram a buscar a excelência e me mostraram que, com esforço e dedicação, eu posso alcançar meus sonhos. Agradeço também ao meu irmão Eduardo, por seu apoio inabalável, conselhos e companheirismo em todos os momentos.

Quero expressar minha gratidão especial à minha namorada, Isabella, por seu amor, paciência, incentivo e por estar sempre presente para mim durante este processo. Seu amor e amizade são inestimáveis e me ajudaram a superar os desafios e a manter a motivação para concluir este trabalho.

A minha orientadora, Jaqueline, sou imensamente grato por sua orientação, aconselhamento e apoio em todo o processo de elaboração deste trabalho. Seu conhecimento e experiência foram fundamentais para o sucesso deste projeto.

Agradeço também aos meus colegas de turma, Wilker e Maria Cristina, pelo suporte e incentivo mútuos que nos levaram a superar os desafios e a alcançar nossos objetivos. Sua amizade e parceria foram essenciais para tornar esta jornada acadêmica ainda mais especial.

A todos vocês, muito obrigado!

RESUMO

O Ensino de Química, em especial no conteúdo de Estequiometria, pode ser desafiador devido à complexidade dos conceitos e defasagem na área da matemática. As videoaulas disponíveis no YouTube podem ser uma ferramenta útil para apoiar o processo de ensino-aprendizagem. No entanto, é importante lembrar que o YouTube é uma plataforma aberta, onde qualquer pessoa pode enviar suas videoaulas, o que pode afetar a qualidade e confiabilidade do conteúdo. Portanto, é necessário que o professor revise o material antes de compartilhá-lo com os estudantes, pois, esses materiais podem apresentar erros conceituais, comprometendo a aprendizagem dos estudantes. Este trabalho teve como objetivo analisar videoaulas sobre Estequiometria no YouTube, utilizando a Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia (TCAM). Foram selecionadas 11 videoaulas e avaliados nove princípios da TCAM, como coerência e sinalização. A análise revelou a presença de incoerências nas videoaulas que podem prejudicar a compreensão do conteúdo pelos estudantes. Portanto, é importante que sejam adotadas estratégias de planejamento e seleção cuidadosa desses recursos pedagógicos, visando sempre promover uma aprendizagem efetiva.

Palavras-chave: TCAM; Videoaulas; Ensino de Química; TDICs; Estequiometria.

ABSTRACT

Teaching chemistry, particularly the content of stoichiometry, can be challenging due to the complexity of the concepts and the gap in mathematical knowledge. Video lessons available on YouTube can be a useful tool to support the teaching-learning process; however, it is important to remember that YouTube is an open platform where anyone can upload their video lessons, which can affect the quality and reliability of the content. Therefore, teachers must review the material before sharing it with students, as these materials may be conceptually incorrect, compromising student learning. This study aimed to analyze stoichiometry video lessons on YouTube using the Cognitive Theory of Multimedia Learning (CTML). Eleven video lessons were selected and evaluated against nine principles of the CTML, such as coherence and signaling. The analysis revealed the presence of deviations in the video lessons that may impede students' understanding of the content. Consequently, it is important to adopt strategies for carefully planning and selecting these pedagogical resources, always aiming to promote effective learning.

Keywords: CTML; Stoichiometry; YouTube

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|--|----|
| Figura 1 — Página com listas de vídeos no canal YouTube EDU | 23 |
| Quadro 1 — Pressupostos da TCAM | 25 |
| Figura 2 — Explicação do modo de funcionamento do canal duplo | 26 |
| Quadro 2 — Etapas para uma boa aprendizagem com material multimídia | 27 |
| Figura 3 — Opções de filtragem da plataforma Youtube | 34 |
| Quadro 4 — Síntese dos princípios utilizados da TCAM para análise desse material audiovisual | 35 |
| Quadro 5 — Descrição das videoaulas selecionadas para análise. | 36 |
| Figura 4 — Exemplificação da videoaula 1 | 41 |
| Figura 5 — Exemplificação da videoaula 5. | 42 |
| Figura 6 — Exemplificação da videoaula 8. | 43 |
| Quadro 6 — Resumo dos resultados obtidos a partir das videoaulas | 43 |
| Figura 7 — Exemplificação da videoaula 4. | 44 |
| Figura 8 — Exemplificação da videoaula 9 | 45 |
| Figura 9 — Exemplificação da videoaula 10 | 46 |
| Figura 10 — Exemplificação da videoaula 11 | 47 |
| Quadro 7 — Resumo dos resultados obtidos a partir das videoaulas | 48 |
| Figura 11 — Exemplificação da videoaula 3. | 49 |
| Figura 12 — Exemplificação da videoaula 9 | 50 |
| Figura 13 — Exemplificação da videoaula 9 | 51 |
| Quadro 8 — Resumo dos resultados obtidos a partir das videoaulas | 52 |
| Quadro 9 — Resumo dos resultados obtidos a partir das videoaulas | 53 |
| Quadro 10 — Resumo dos resultados obtidos a partir das videoaulas | 55 |
| Quadro 11 — Resumo dos resultados obtidos a partir das videoaulas | 56 |
| Quadro 12 — Resumo dos resultados obtidos a partir das videoaulas | 58 |
| Quadro 13 — Resumo dos resultados obtidos a partir das videoaulas | 59 |
| Quadro 14 — Resumo dos resultados obtidos a partir das videoaulas | 60 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|------|---|
| TCC | Trabalho de Conclusão de Curso |
| TCAM | Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia |
| ENEM | Exame Nacional Do Ensino Médio |

SUMÁRIO

| | | |
|---------|---|----|
| 1 | INTRODUÇÃO | 9 |
| 1.1 | MOTIVAÇÃO E INTERESSE NO TEMA DA PESQUISA | 11 |
| 2 | OBJETIVOS | 15 |
| 3 | FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA | 16 |
| 3.1 | ENSINO E DIFICULDADES DA ESTEQUIOMETRIA | 16 |
| 3.2 | AS TECNOLOGIAS DIGITAIS DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NO ENSINO DE QUÍMICA | 17 |
| 3.3 | A TEORIA COGNITIVA DE APRENDIZAGEM MULTIMÍDIA: APLICAÇÃO DOS SEUS PRINCÍPIOS PARA A ANÁLISE DE VÍDEOS | 24 |
| 4 | METODOLOGIA | 32 |
| 4.1 | NATUREZA DA PESQUISA | 32 |
| 4.2 | INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS | 32 |
| 4.2.1 | Seleção das videoaulas do YouTube | 32 |
| 4.3 | ANÁLISE DAS VIDEOAULAS A PARTIR DA TCAM | 34 |
| 5 | RESULTADOS E DISCUSSÃO | 36 |
| 5.1 | DESCRIÇÃO DAS VIDEOAULAS | 36 |
| 5.2 | ANÁLISE DAS VIDEOAULAS | 40 |
| 5.2.1 | Redução do Processamento Supérfluo | 40 |
| 5.2.1.1 | Princípio da Sinalização | 40 |
| 5.2.1.2 | Princípio da Redundância | 43 |
| 5.2.1.3 | Princípio da Coerência | 48 |
| 5.2.1.4 | Princípio da Contiguidade Espacial e Temporal | 52 |
| 5.2.2 | Gerenciar o processo essencial | 53 |
| 5.2.2.1 | Princípio da Segmentação | 54 |
| 5.2.2.2 | Princípio do Pré-treinamento | 55 |
| 5.2.3 | Promoção do processamento criativo | 57 |
| 5.2.3.1 | Princípio da Imagem | 57 |
| 5.2.3.2 | Princípio da Personificação | 58 |
| 5.2.3.3 | Princípio da Voz | 59 |
| 5.3 | RESUMO DOS DADOS ANALISADOS | 59 |
| 6 | CONCLUSÕES | 62 |
| | REFERÊNCIAS | 64 |

1 INTRODUÇÃO

É inegável que vivemos em um mundo tecnológico, onde é possível carregar um dispositivo eletrônico com uma grande quantidade de materiais de estudo e acessar informações com facilidade. No cenário pandêmico vivido, ocorreram diversas mudanças no modo de vida e a educação escolar foi diretamente afetada. Como resultado, muitos professores tiveram que aprender e utilizar as tecnologias digitais de informação e comunicação (TDICs) no dia a dia escolar para se adaptar às novas demandas. Essa necessidade de reinvenção tornou-se mais evidente com o passar do tempo (MONTEIRO, 2020).

Diante desse contexto, as instituições de ensino foram obrigadas a estruturar o ensino a partir do modelo remoto, devido à situação emergencial decorrente da pandemia. Essa mudança abrupta interrompeu todas as atividades presenciais, o que levou tanto os estudantes quanto os professores a se adaptarem rapidamente aos ambientes virtuais de aprendizagem. Diversas tecnologias foram amplamente utilizadas no ambiente educacional, tais como o Google Meet, YouTube, Kahoot! e Google Sala de Aula, entre outras (BEHAR, 2020; SANTOS, 2020).

Apesar dos desafios que os professores enfrentaram ao precisarem aprender a lecionar em um novo modelo de ensino, não devemos considerar isso como algo totalmente negativo. Na verdade, a utilização das tecnologias pode trazer diversas contribuições positivas ao Ensino de Química. Um exemplo disso é o recurso de simulações experimentais disponíveis gratuitamente no PhET Colorado, que permite aos alunos uma maior compreensão dos conceitos químicos de maneira interativa e lúdica. Além disso, as simulações também incentivam o lado investigativo do estudante, permitindo que eles explorem diferentes cenários e observem as consequências de suas ações, o que pode tornar a aprendizagem mais significativa e interessante. Por isso, é importante que os professores estejam abertos a novas possibilidades de ensino e aprendizado, e que estejam dispostos a explorar as ferramentas tecnológicas disponíveis para aprimorar o processo educacional (DEUS, 2022).

Além da plataforma PhET Colorado, outros recursos também foram utilizados para auxiliar os professores durante a pandemia. Barbosa (2020) destaca em sua pesquisa diversas ferramentas que podem ser empregadas em aulas de ciências, como podcasts, simuladores interativos e programas virtuais. Essas ferramentas

podem contribuir significativamente para a aprendizagem dos alunos, permitindo uma maior interação e explorando diferentes formas de apresentação do conteúdo. Por exemplo, os podcasts podem ser utilizados para apresentar conteúdos de forma dinâmica e acessível, enquanto os simuladores interativos possibilitam a realização de experimentos virtuais que ajudam a entender conceitos abstratos da Química. Já os programas virtuais permitem a criação de ambientes de aprendizagem personalizados e interativos, favorecendo o aprendizado ativo e a resolução de problemas. Diante desse cenário, é importante que os professores estejam abertos a explorar esses recursos e aprimorar sua prática docente, visando proporcionar uma educação de qualidade mesmo em momentos de crise.

Dentre os diversos recursos utilizados durante o período de ensino remoto emergencial, as videoaulas se destacaram, seja como aulas produzidas pelos próprios professores de cada instituição ou disponibilizadas em plataformas digitais, como o YouTube EDU¹ e a Khan Academy², entre outras. Essas ferramentas ofereceram uma série de benefícios para professores e alunos, incluindo a facilidade de acesso, a possibilidade de revisar o conteúdo, a capacidade de assistir à aula novamente para compreender melhor e muito mais (LUNA; LUNA; RODRIGUES, 2011). Na perspectiva dos autores, as videoaulas podem ser aplicadas em diversas situações, como por exemplo quando não há tempo suficiente para concluir o cronograma ou quando os alunos precisam de ajuda para compreender melhor um determinado assunto. Nesse sentido, os professores podem indicar materiais didáticos complementares, como livros e outras videoaulas. De acordo com Schmitt e Domingues (2016), na visão dos estudantes, eles devem buscar utilizar o método de aprendizagem que melhor funcione para eles, seja assistindo videoaulas, estudando pelo livro didático ou revisando as anotações do caderno. Isso se deve ao fato de que cada indivíduo tem seu próprio ritmo de aprendizagem e métodos preferenciais para assimilar o conteúdo.

Embora seja importante utilizar essas tecnologias multimídia no processo de ensino aprendizagem, antes disso existe uma reflexão a ser feita pelo professor, esse material é indicado para o estudante? Seja um livro, um filme, uma poesia ou uma videoaula, tem-se que realizar uma análise prévia do material selecionado.

¹O YouTube EDU é uma plataforma dentro do próprio YouTube, contendo diversas videoaulas do ensino fundamental e médio. Disponível em . Acesso em 25 set 2022.

²Organização sem fins de acumulação de capital, com o intuito de oportunizar uma educação gratuita e de qualidade confiável para qualquer indivíduo. Disponível em: . Acesso em: 25 set 2022.

Assim, com um material adequado e bem analisado, o professor pode realizar indicações para o estudante, auxiliando-o no processo de ensino e aprendizagem. Mas então, quais os aspectos que devem ser levados em consideração ao selecionar materiais em forma de videoaula para uso em situações de ensino? Diante disso, é importante refletirmos como proceder na análise do material didático, especificamente sobre a avaliação de videoaulas.

Na literatura podemos encontrar diferentes métodos de análise como os de Barrére (2014), Gomes (2008), Pereira (2017) e Mayer (2009). Neste trabalho recorreremos à Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia ou TCAM, como base para analisar o material multimídia selecionado.

Essa teoria é baseada na psicologia cognitivista, e tem o intuito de entender como os materiais multimídia podem auxiliar ou dificultar o processo de ensino aprendizagem do estudante. Na Universidade de Cambridge, Richard Mayer e colaboradores realizaram pesquisas em torno de uma hipótese específica, pessoas podem aprender melhor a partir de imagens e palavras do que somente palavras. A partir dessas pesquisas, doze princípios foram estabelecidos e estudados sobre o impacto que teriam no processo de aprendizagem do estudante, princípios esses que abordam a redução do processamento desnecessário, gerenciamento do processamento essencial e promoção do pensamento criativo. A TCAM será abordada mais profundamente na seção de fundamentação teórica (MAYER, 2009).

Com base nesse contexto, o presente trabalho busca analisar a utilização de videoaulas de estequiometria à luz da Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia (TCAM). A partir disso, apresenta-se uma fundamentação teórica para a análise de materiais multimídia, com o intuito de auxiliar os professores na seleção e produção de materiais que favoreçam a aprendizagem dos alunos. Nesse sentido, pretende-se investigar algumas videoaulas disponíveis na plataforma YouTube abordando o conteúdo de estequiometria, a fim de compreender como esses materiais se comportam diante da TCAM.

1.1 MOTIVAÇÃO E INTERESSE NO TEMA DA PESQUISA

Nesse tópico, gostaria de compartilhar um pouco da minha caminhada nesse processo de aluno do ensino básico, estudante de química, bolsista de laboratório

de colégio e como estudante, posto que nunca será deixado de lado, pois sempre aprendemos algo novo, às vezes nos lugares mais inesperados.

Algo me inquietava em certos momentos na posição de estudante, o melhor método para aprender é realmente observar aula, realizar anotações e responder o livro didático? Particularmente, tenho dificuldade em me concentrar durante uma aula, por vezes acabava preferindo observar e não realizar anotações durante a aula, ou em alguns momentos até realizei anotações quando o professor transcrevia suas ideias no quadro e acabava por nos dar tempo suficiente para copiar o conteúdo. Porém, chegou o primeiro contato com videoaulas e acabei entendendo o que realmente funcionava melhor para o meu caso, pois poderia assistir diversos vídeos sobre um assunto específico que estava com dificuldade, poderia pausar quantas vezes fosse necessário, conseguiria reassistir ao mesmo vídeo, ou seja, teria o meu próprio tempo, algo que está de acordo com as ideias de Dias, Esposito Junior e Demarque(2013), no qual atribuem a esse movimento de controle do ritmo ser uma das potencialidades das videoaulas.

No entanto, é importante ressaltar que, embora existam muitas videoaulas excelentes e esclarecedoras, também há aquelas que não são tão úteis e podem até mesmo confundir o estudante. Isso pode ocorrer devido a informações erradas ou falta de planejamento na preparação do material. Como estudante do ensino básico, pode ser difícil discernir entre as videoaulas boas e ruins. Infelizmente, esse é um problema que pode ser perigoso para a aprendizagem dos alunos, como destacado por Silva e Lopes (2021) em uma pesquisa com 58 alunos do curso técnico no Instituto Federal de Santa Catarina. Desses alunos, 50 afirmaram já ter utilizado videoaulas como estratégia de estudo e, desses, 28 disseram que aprovam esse método, mas com algumas ressalvas, pois já se depararam com vídeos que foram improdutivos e considerados "perda de tempo".

Pensando nisso, o objetivo principal desta pesquisa é analisar como a química é apresentada nas plataformas de videoaulas mais populares, com ênfase naquelas que os alunos têm maior acesso. Para isso, é necessário selecionar a plataforma mais adequada para adquirir o material, levando em consideração a sua facilidade de acesso e quantidade de vídeos disponíveis. Embora existam diversas plataformas pagas, como Descomplica, Me Salva! e Kuadro, a escolha recaiu sobre o YouTube, que é a maior plataforma de vídeos gratuita e possui uma vasta quantidade de materiais, além de uma interface agradável e intuitiva.

Essa escolha é corroborada por Silva e Lopes (2021), que, em uma pesquisa com estudantes do curso técnico no Instituto Federal de Santa Catarina, constataram que o YouTube é a plataforma mais utilizada pelos estudantes para assistir videoaulas de Química, devido à sua facilidade de navegação e qualidade satisfatória dos materiais. Entre as oito plataformas disponíveis para indicação, o YouTube obteve a maior porcentagem de estudantes que afirmaram utilizá-la com frequência.

Com base nas dificuldades que muitos alunos enfrentam em relação à química, decidi focar minha análise em um tópico específico: Estequiometria. Embora possa parecer um assunto simples à primeira vista, é importante lembrar que a compreensão da Estequiometria requer conhecimentos básicos de matemática. Infelizmente, muitos estudantes enfrentam deficiências nesse aspecto, o que dificulta sua capacidade de assimilar os conceitos da Química.

Essa deficiência na aprendizagem matemática tem raízes profundas na educação brasileira, como destacado em um estudo realizado por Masola e Allevato (2019). De acordo com a pesquisa, essa dificuldade é encontrada desde o ensino básico, muitas vezes relacionada à ansiedade dos estudantes em relação à matemática, à falta de motivação dos professores que lecionam em salas de aula superlotadas e a baixos salários, entre outros fatores. Portanto, analisar como a Estequiometria é apresentada em videoaulas pode ser uma abordagem útil para entender como essa disciplina pode ser ensinada de forma mais acessível e eficaz aos estudantes.

A partir desse pensamento, recorre-se a literatura para verificar como se comporta a dificuldade em estequiometria por partes dos estudantes. Diante disso, consegue-se encontrar diversas pesquisas sobre o assunto, como as de Costa e Souza (2013), Mendonça e Silva (2019) e Silva (2019). Especificamente, o último trabalho citado apontou um fato interessante, a dificuldade dos estudantes não é causada apenas pela Matemática, a compreensão de texto também é um dos fatores que causa dificuldade. Silva (2019) reafirma que embora a leitura e compreensão de textos seja trabalhada desde o Ensino Fundamental, por aparentar ser fácil, a disciplina de português não estimula o suficiente os estudantes. Tendo em vista isso, a escolha da temática de estequiometria é interessante, por conta dos fatores citados anteriormente.

Sendo assim, esse tópico teve o objetivo de compartilhar um pouco dos pensamentos ao selecionar a temática de videoaulas de estequiometria como objeto de pesquisa.

2 OBJETIVOS

Os seguintes objetivos foram traçados com o intuito de solucionar o problema de pesquisa gerado, sendo eles:

- **Geral** - Analisar aulas de Estequiometria na plataforma "YouTube", a partir dos princípios que norteiam a Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia (TCAM).

- **Específicos:**
 - Identificar 11 videoaulas de Estequiometria disponíveis no YouTube que atendam aos critérios de seleção.
 - Submeter as videoaulas selecionadas aos princípios multimídias da Teoria Cognitiva de Aprendizagem Multimídia.
 - Descrever e interpretar se as videoaulas apresentam limitações referente aos aspectos instituídos da TCAM.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

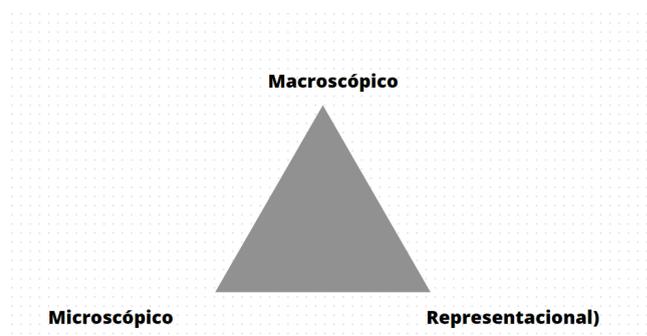
Neste capítulo, abordaremos as contribuições das TDICs ao ensino de Química e com foco no tema de estequiometria. Além disso, apresentaremos a Teoria Cognitiva de Aprendizagem Multimídia de Richard Mayer, que se mostra relevante para compreendermos como as diferentes mídias podem influenciar a aprendizagem dos alunos.

3.1 ENSINO E DIFICULDADES DA ESTEQUIOMETRIA

Antes de abordarmos a estequiometria, é importante compreender a etimologia da palavra. A estequiometria é uma palavra que tem origem no grego *stoicheion*, que significa 'elemento', e *metron*, que significa 'medida' (ATKINS,2018).

O objetivo do ensino de Química é fornecer aos alunos o conhecimento e a compreensão dos materiais, fenômenos e transformações naturais e artificiais. De acordo com Johnstone (1993), esse aprendizado possui três aspectos fundamentais: a observação dos fenômenos naturais (macroscópico), a representação desses fenômenos em linguagem científica (representacional) e a compreensão do universo microscópico das partículas. É importante destacar que essas três interfaces estão interconectadas e são cruciais para um domínio real e compreensão do conhecimento químico. O triângulo proposto por Johnstone é frequentemente utilizado para representar essa relação e enfatizar sua importância, como exemplificado no esquema 1.

Esquema 1 – Triângulo de Johnstone



Fonte: Adaptado de Canzian (2010)

A estequiometria é uma área fundamental da Química que envolve equações químicas e cálculos, sendo amplamente aplicada em contextos tecnológicos, como

na indústria química. O conhecimento em estequiometria é crucial para interpretar as transformações químicas em diferentes contextos, e pode ajudar os estudantes a compreender melhor vários fenômenos químicos que ocorrem no mundo ao nosso redor (ATKINS,2018).

A Estequiometria é um conteúdo de Química que frequentemente apresenta desafios para os estudantes. Além da Matemática envolvida nos cálculos, a compreensão de textos também é um fator que pode dificultar o entendimento do tema, conforme destacado por Silva (2019).

As videoaulas, como recurso pedagógico, têm sido cada vez mais utilizadas no ensino de Química, inclusive em no ensino de estequiometria (DANTAS et al., 2020). Além disso, a utilização de exemplos práticos e do cotidiano dos alunos também pode ajudar na compreensão do conteúdo, fazendo com que eles percebam a importância e a aplicabilidade da Estequiometria em situações reais (MACHADO et al., 2013).

Outra abordagem que tem se mostrado eficaz é a utilização de metodologias ativas, como a resolução de problemas em grupo, que estimula a participação dos alunos e a troca de conhecimentos entre eles (GOMES et al., 2021). Essa abordagem permite que os alunos desenvolvam habilidades cognitivas, sociais e emocionais, além de contribuir para um aprendizado mais significativo e duradouro.

Dessa forma, é possível perceber que o ensino de Cálculos Estequiométricos pode ser aprimorado com a utilização de recursos e metodologias diferenciadas, tornando o processo de aprendizagem mais dinâmico e efetivo.

3.2 AS TECNOLOGIAS DIGITAIS DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NO ENSINO DE QUÍMICA

Neste tópico, apresentaremos resumos de diversos trabalhos encontrados na literatura, que utilizam diferentes TDICs. A escolha desses trabalhos tem como objetivo evidenciar a diversidade de formas com que as ferramentas tecnológicas podem ser empregadas no contexto educacional.

Há diversas ferramentas disponíveis para auxiliar nos processos educacionais, e seu uso pode contribuir significativamente para a aprendizagem dos alunos. Cada ferramenta possui benefícios específicos, permitindo sua aplicação de diferentes maneiras e contextos. É importante que os professores conheçam as

diversas opções disponíveis e escolham aquelas que melhor se adaptam às necessidades e objetivos de cada aula e turma.

Para ilustrar a diversidade de ferramentas disponíveis no processo de ensino-aprendizagem, serão apresentados alguns trabalhos que fizeram uso de diferentes ferramentas para enriquecer o aprendizado dos alunos. A análise desses trabalhos permitirá ao leitor compreender como as ferramentas podem ser empregadas em diferentes situações e quais os resultados obtidos a partir de sua utilização.

A apresentação desses trabalhos é relevante não só para evidenciar as diversas possibilidades de utilização das ferramentas, mas também para estimular o desenvolvimento de novas ideias e estratégias que possam ser aplicadas em contextos educacionais diversos.

No atual contexto digital e interligado, as tecnologias digitais da informação e comunicação (TDICs) desempenham um papel significativo na educação. Essas tecnologias têm o potencial de facilitar o processo de ensino-aprendizagem, especialmente a Internet, que permite a busca, processamento e troca de informações em questão de segundos, em comparação aos dias necessários para a troca de dados por correspondência no passado (BALADELI; BARROS; ALTOÉ, 2012).

Embora comumente associemos o termo tecnologia ao contexto da quarta revolução industrial, que inclui a digitalização, inteligência artificial, máquinas que transmitem informações sozinhas e outros recursos (Silveira, 2016), é importante lembrar que as tecnologias estão presentes desde o início da civilização e têm sido utilizadas para facilitar o dia a dia dos indivíduos em diversas áreas, incluindo a medicina, a cozinha, as relações sociais e a educação (KENSKI, 2013).

Embora as tecnologias digitais da informação e comunicação (TDICs) sejam facilitadoras no processo de ensino-aprendizagem, é preciso pensar sobre sua utilização de forma cuidadosa, como bem pontuado por Leite (2015, p. 27): "Além da necessária discussão teórica na utilização das TICs, pesquisas e processos cuidadosos de elaboração de materiais educacionais que utilizem essas tecnologias ainda estão longe de ser satisfatório". Conscientes disso, surgiram diversas pesquisas que exploram a potencialidade dessas tecnologias, como os trabalhos de Barbosa (2020), Silva, Cantanhede e Cantanhede (2020), Müller (2021) e Nunes e Eichler (2018).

Para conhecer melhor algumas dessas tecnologias e entender como elas estão sendo utilizadas, os próximos parágrafos apresentarão quatro trabalhos que utilizaram TDICs de diferentes maneiras.

O primeiro trabalho a ser apresentado é o de Barbosa (2020), que teve como objetivo compartilhar recursos digitais alinhados com as TDICs com professores de ciências, para auxiliá-los no contexto de pandemia. Durante a pesquisa, foram apresentadas algumas definições já conhecidas, como sites, podcast e softwares. No entanto, o autor também mencionou ferramentas educacionais úteis, como o YouTube, que contém diversos vídeos educativos adequados para uso em sala de aula ou fora dela. Além disso, foram citados sites com simulações interativas, que foram amplamente utilizados durante a pandemia devido à impossibilidade de encontros presenciais. Entre as ferramentas mencionadas estão o phET Colorado, já conhecido, e outros simuladores como Mouse Party, Ptable, Célula 3D interativa e Solar System Scope. A utilização desses simuladores foi muito bem-vinda no contexto pandêmico, permitindo uma melhor visualização e manipulação dos conceitos mais abstratos. É provável que essas ferramentas continuem a ser utilizadas no futuro, dada sua eficácia no ensino-aprendizagem.

A utilização de programas de computador para visualização dos compostos químicos pode ser uma ferramenta muito interessante no ensino de Química, já que a compreensão visual é um problema recorrente nessa área (BRITO, 2017). Ferramentas como o Avogadro, ChemSketch, IQmol e outros podem auxiliar os alunos a entender o funcionamento de conteúdo mais específicos da Química inorgânica, Química orgânica e outras subáreas que necessitem da visualização da estrutura 3D. Brito (2017) identificou que os alunos preferiam que o professor utilizasse imagens, representações e programas para compreender melhor a disposição das moléculas, pois sentiam dificuldade em visualizar como estavam dispostas espacialmente.

Finalizando as ferramentas apresentadas por Barbosa (2020), destaca-se o uso de podcast, que consiste em produções de áudio disponibilizadas em diversas plataformas. Uma das vantagens apontadas pelo autor é a inclusão de alunos com deficiência visual, que podem ter mais dificuldade em acessar outros recursos. Além disso, o formato permite que os materiais sejam armazenados e acessados em qualquer lugar e momento. Como exemplos interessantes, podemos citar o Ciência USP, um podcast da Universidade de São Paulo que discute as atualidades do

mundo científico, e o Quimicast, um podcast descontraído e simplificado sobre Química, com uma linguagem mais acessível.

No segundo trabalho apresentado, Silva, Cantanhede e Cantanhede (2020) utilizaram uma ferramenta diferente em sua pesquisa: um blog. De acordo com os autores, essa ferramenta oferece diversos benefícios como uma ferramenta educacional, permitindo maior interação social entre os núcleos do ambiente de aprendizagem, explorando o lado criativo dos alunos e dos professores, além de permitir a troca de informações e outros recursos. O objetivo da pesquisa foi verificar se a utilização de uma ferramenta tecnológica como essa poderia contribuir no processo de ensino e aprendizagem do conteúdo de Modelos Atômicos.

No blog criado pelos autores, foram realizadas postagens contendo materiais multimídia para auxiliar os estudantes no entendimento do assunto. Foram aplicados questionários para avaliar o conhecimento dos alunos sobre o tema antes e depois da sequência de aulas sobre modelos atômicos e a utilização do blog. Os resultados mostraram que a utilização das TDICs, em especial o blog, foi bastante proveitosa e auxiliou significativamente no processo de ensino-aprendizagem. Segundo os autores, o blog foi uma ferramenta de fácil manuseio e utilização, tornando-se um apoio fundamental na etapa de aprendizagem. Esses resultados corroboram com a importância das TDICs na educação, e demonstram como elas devem ser cada vez mais utilizadas para promover um ensino mais eficiente e dinâmico.

Na sequência da apresentação dos trabalhos, Nunes e Eichler (2018) realizaram uma pesquisa que teve como base o estudo da utilização de videoaulas de química por estudantes que se preparam para processos seletivos de ingresso ao ensino superior.

Para coletar dados amostrais, os autores conduziram um estudo quantitativo com 139 alunos de cursos nos quais a disciplina de química tem uma grande influência na nota de ingresso, tais como química nas três áreas de ensino, farmácia, nutrição e engenharia dos materiais, todos recém-ingressos na UFRGS. Os discentes responderam a um questionário contendo 84 itens, organizados em cinco grandes grupos: pessoal (A), preparação prévia ao ingresso no ensino superior (B), ensino médio (C), ENEM (D) e UFRGS (E). Como o objetivo principal do estudo era compreender o autogerenciamento dos estudantes na sua preparação, a seção B do questionário abordou implicitamente os aspectos relacionados à utilização de videoaulas como recurso didático.

A análise dos dados adquiridos indicou a necessidade de desconsiderar 25 estudantes, uma vez que seus cursos não se enquadravam no grupo de interesse, apesar de estarem matriculados nas disciplinas de química em que os questionários foram aplicados. Após essa exclusão, restaram 114 questionários válidos. Ao analisar os itens A, C, D e E, foi possível compreender melhor o perfil dos estudantes que participaram da pesquisa. O estudo incluiu 41,59% de homens e 58,41% de mulheres, com idade média de 20 anos e provenientes principalmente de instituições públicas ou com direito a bolsa de estudos. Além disso, observou-se que os estudantes realizaram em média o ENEM 2,36 vezes e o vestibular da UFRGS 1,68 vezes, conforme destacado por Nunes.

A análise do item B, que continha 72 itens no questionário, recebeu uma análise mais detalhada por parte do pesquisador. Ao examinar os recursos e métodos de estudo utilizados pelos estudantes, notou-se que eles utilizavam uma variedade de recursos, incluindo livros, apostilas, videoaulas, sala de aula na escola e em cursinhos preparatórios. A análise revelou que 32,46% dos estudantes nunca utilizaram o recurso “sala de aula - cursinho”, enquanto 56,14% haviam utilizado muito frequentemente o recurso “sala de aula - escola”. Isso sugere que a maioria dos estudantes considera toda a sua trajetória escolar como uma preparação para exames como o ENEM e o vestibular.

Nunes destaca que seus resultados diferem dos de Castro (2013), que em seu trabalho apontou para a desconsideração por parte do grupo investigado com todo o aprendizado dentro da escola. Um fato observado nessa pesquisa e de interesse direto é que a maioria dos estudantes (95,68%) usou videoaulas como recurso de estudo, enquanto apenas 7 dos 114 estudantes nunca as utilizaram.

Em relação à utilização de videoaulas nas disciplinas, constatou-se que as matérias de Ciência da Natureza e Matemática tiveram maior quantidade de videoaulas utilizadas, com uma média ponderada acima de 3 para as quatro disciplinas. Já as disciplinas de Ciências Humanas e Linguagem e Códigos apresentaram uma média ponderada abaixo de 3, com algumas delas abaixo de 2, como é o caso de Sociologia, Filosofia e Língua Estrangeira. Quanto à utilização de videoaulas de Química, observou-se que muitos alunos recorreram a esse método de estudo, seja como complemento ou como principal fonte de aprendizado.

Analisando os 16 estudantes que nunca utilizaram videoaulas de Química, verificou-se que a falta de autogerenciamento e a falta de autonomia suficiente

foram as principais razões para essa escolha. Além disso, muitos estudantes não utilizaram videoaulas em sala de aula, possivelmente devido à falta de estrutura para tal. Entretanto, quando se trata da utilização de videoaulas fora da sala de aula, cerca de 76,29% dos alunos utilizaram esse recurso.

Por fim, observou-se que a praticidade, o baixo custo e a disponibilidade foram os principais motivos para a utilização de videoaulas de Química pelos estudantes. Dentre as plataformas que oferecem videoaulas de Química, o YouTube e Me Salva foram as preferidas dos estudantes, tanto pela questão financeira quanto pela facilidade de uso dessas plataformas.

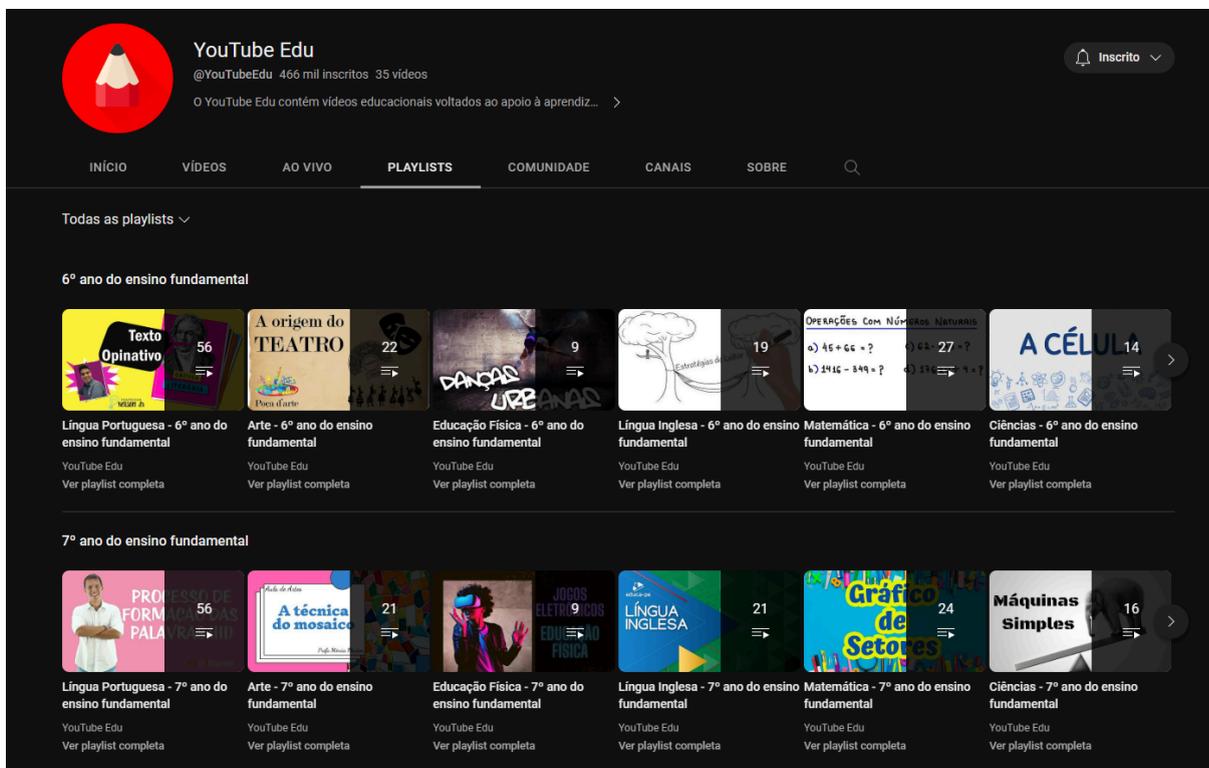
A análise dos dados permitiu ao autor estabelecer uma relação entre a frequência de utilização de ferramentas como videoaulas e o entendimento de conceitos químicos, corroborando com estudos anteriores que apontam para a abstração desta ciência. Segundo Nunes, a utilização de tais recursos não substitui a presença do professor em sala de aula, mas sim complementa as possibilidades de estudo dos alunos. Além de melhorar aspectos cognitivos, a utilização de videoaulas pode aumentar a autonomia dos estudantes em relação ao aprendizado.

Por último, temos o trabalho de Müller (2021), que relaciona a utilização de vídeos educativos e o projeto PhET. Então, propõe-se uma introdução sobre os vídeos educativos ou videoaulas.

Inicialmente, é necessário compreender que o vídeo é uma linguagem audiovisual e evidentemente está ao nosso redor em todos os momentos, seja uma videochamada, uma publicidade na televisão ou até mesmo um vídeo curto para demonstrar algo interessante. Dessa forma, é evidente que existe uso para eles na educação, os chamados vídeos educativos, onde já é conhecido que os estudantes preferem assistir uma videoaula na plataforma YouTube do que assistir uma aula presencial (ARANHA *et al.*, 2019). Tendo isso em vista, é necessário relembrar as razões para isso ocorrer, uma delas é a facilidade no acesso, pois o estudante pode assistir do conforto do seu quarto (LUNA; LUNA; RODRIGUES, 2011). Outro ponto que pode ser relacionado com o trabalho de Nunes e Eichler (2018), é a presença de vídeos destinados ao Exame Nacional Do Ensino Médio (ENEM) no YouTube, em centenas de canais com o foco específico para os conteúdos do ENEM. Sabendo disso, a própria empresa reuniu um acervo específico para disponibilizar algumas dessas videoaulas e facilitar o trabalho dos estudantes e professores quando

necessitarem de um material audiovisual para melhorar o processo de ensino aprendizagem de determinado conteúdo. Como podemos ver na figura 1.

Figura 1 — Página com listas de vídeos no canal YouTube EDU



Fonte: YouTube.com.

Porém, é importante destacar que existe uma plataforma na qual qualquer pessoa pode enviar suas próprias videoaulas. Nesse sentido, não fica claro se houve uma revisão do conteúdo transmitido e se a qualidade é confiável. De acordo com Mayer (2009), esses materiais devem ser analisados cuidadosamente pelo professor antes de compartilhá-los com os estudantes, já que podem conter conceitos equivocados e acabar prejudicando o aprendizado dos alunos. É necessário, portanto, ter critérios bem definidos para avaliar esses materiais. Em consonância com essa preocupação, Müller (2021) utilizou a técnica de análise de conteúdo temática (TCAM) para avaliar vídeos que utilizavam simulações do PhET Colorado como ferramenta para auxiliar a explicação do conteúdo.

Após realizar as análises dos vídeos selecionados, o autor constatou uma das dificuldades mais observadas em aula experimentais, que é como sair da experimentação demonstrativa, ou seja, dar protagonismo ao estudante. Isso não foi diagnosticado em todas as videoaulas, mas esteve presente e foi uma pontuação

interessante por parte do autor. Outro recorte a ser realizado fica por conta da baixa utilização desses vídeos educativos, o pesquisador acredita que isso ocorre por conta de uma especificidade extrema para encontrar esses materiais, logo, as visualizações devem se ao fato de indicação por parte de professores de Química. Continuando na análise desse material, percebe-se que de 23 vídeos, 17 abordaram de maneira insuficiente a contextualização, ou seja, foi um detalhe que os criadores não tiveram zelo, embora soubessem da importância da contextualização no ensino de Química, pois auxilia o aluno a observar o seu cotidiano de outra forma e necessária no seu processo de formação (SANTOS; MELO, 2020). De maneira geral, Müller (2021) indica que novas videoaulas devem ser produzidas respeitando os princípios da teoria de Mayer (2009), para assim conseguir mesclar ambas as tecnologias.

Diante do exposto, todas essas ferramentas permitem que o professor tenha uma melhor exemplificação de conceitos mais abstratos, como sabemos que alguns conceitos são de difícil visualização, a utilização desses recursos é fundamental (BARBOSA, 2020). Entretanto, é preciso ter um cuidado no planejamento ao pensar em utilizar esses materiais, para conseguir auxiliar os estudantes de maneira significativa, evitando cair no problema de utilizar somente para demonstração (LEITE, 2015).

3.3 A TEORIA COGNITIVA DE APRENDIZAGEM MULTIMÍDIA: APLICAÇÃO DOS SEUS PRINCÍPIOS PARA A ANÁLISE DE VÍDEOS

Durante mais de duas décadas, Richard Mayer e seus colaboradores na Universidade de Cambridge conduziram pesquisas em torno de uma hipótese específica: as pessoas aprendem melhor a partir de palavras e imagens do que apenas palavras (Mayer, 2009, p. 5). A partir disso, desenvolveu-se a Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia, que analisa o funcionamento multimídia e como ele interfere no processo de ensino-aprendizagem. Mas antes de compreender os princípios dessa teoria, é preciso entender o que significa aprender com material multimídia.

Segundo Mayer (2009), o termo "multimídia" pode ter diferentes significados, dependendo do contexto em que é utilizado. Pode se referir à situação em que uma apresentação de slides é projetada em uma tela durante uma palestra ao vivo, ou

quando se assiste a um vídeo em uma televisão. O que todas essas situações têm em comum é o uso de múltiplos canais sensoriais, como palavras, imagens e sons, que se combinam para transmitir informações e criar uma experiência rica e imersiva para o público. Nesse sentido, a multimídia pode ser definida como a utilização de mais de um canal de comunicação simultaneamente para transmitir uma mensagem ou conteúdo.

Mayer (2009, p. 5) define a aprendizagem multimídia como "a apresentação de material usando tanto palavras quanto figuras, com a intenção de promover o aprendizado". Em suma, a teoria cognitiva da aprendizagem multimídia destaca a importância de usar palavras e imagens em conjunto para promover a aprendizagem efetiva e engajamento dos estudantes.

Continuando nessa linha de raciocínio da TCAM, Mayer (2009) discorre que a teoria tem três pressupostos principais sobre o sistema de processamento humano, dispostos no quadro 1 a seguir.

Quadro 1 — Pressupostos da TCAM

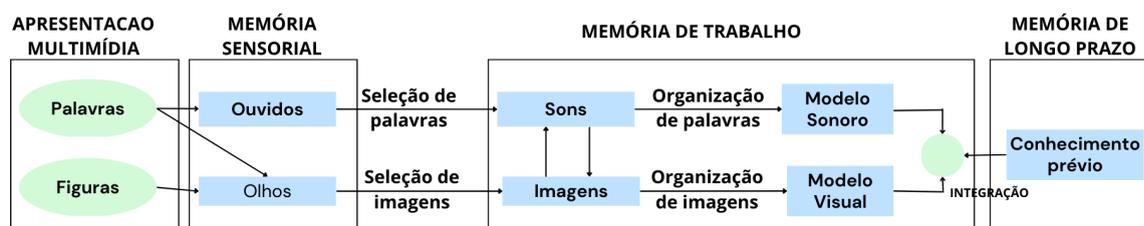
| Pressuposto | Descrição |
|--------------------------------------|---|
| Canal Duplo | O ser humano utiliza dois canais separados para processar as informações recebidas em formato de palavras e figuras, o canal auditivo e canal visual. |
| Capacidade Limitada de processamento | Os indivíduos têm uma limitação na quantidade de informação que processam por vez em cada canal. |
| Processamento ativo | Os seres humanos se empenham em aprender ativamente desde que estejam recebendo informações relevantes, que serão organizadas numa representação mental racional e, em seguida, adaptar essas informações para uni-las com seu conhecimento prévio. |

Fonte: Adaptado de Mayer (2009, p. 63).

Diante disso, a TCAM considera que o aprendizado é mais eficiente quando ocorre por meio da utilização adequada de ambos os canais de processamento. No entanto, em situações em que o professor de Química utiliza apenas o canal auditivo para transmitir informações, o aluno pode ter dificuldade em compreender conceitos abstratos e complexos, uma vez que a Química requer o uso de diversos modelos e recursos explicativos para se tornar mais acessível e compreensível (NUNES; EICHLER, 2018).

Nesse sentido, é fundamental que o professor utilize estratégias multimídia para estimular diferentes canais de processamento e criar uma experiência de aprendizado mais completa e enriquecedora para o aluno. Isso é particularmente importante no ensino de disciplinas abstratas, como Química, onde a visualização e a manipulação de modelos moleculares podem ajudar a tornar os conceitos mais acessíveis e compreensíveis. Ao adotar essas estratégias, o professor pode aumentar a eficácia do processo de ensino-aprendizagem. Por outro lado, a falta de uso dessas estratégias pode resultar em uma compreensão e retenção de informações limitadas por parte do estudante. Para ilustrar o caminho dos processamentos das informações, a TCAM utiliza a representação na figura 2.

Figura 2 — Explicação do modo de funcionamento do canal duplo



Fonte: Tradução pelo autor. (Mayer, 2009, p. 61).

Como está descrito na figura 2, a TCAM pressupõe as cinco etapas que o estudante percorre ao receber uma informação no ambiente multimídia, não necessariamente nessa ordem, pois cada indivíduo coordena e monitora os processos de maneira diferente, mas precisa passar por todos (MAYER, 2009, p. 71). Sendo elas apresentadas no quadro 2:

Quadro 2 — Etapas para uma boa aprendizagem com material multimídia

| Processos | Descrição |
|--------------------------------|---|
| Seleção de palavras relevantes | Ocorre a seleção das palavras mais relevantes da apresentação multimídia, sejam elas escritas ou faladas. Ou seja, o indivíduo encontra a palavra, a palavra é representada mentalmente pela memória de trabalho verbal e, após isso, ocorre uma seleção dos termos mais importantes. O sistema de processamento humano determina quais termos são mais relevantes, pois não consegue aprender todos, por ter capacidade limitada de processamento. |

| | |
|---|---|
| Seleção de imagens relevantes | Semelhantemente ao passo acima, o estudante é introduzido a uma ilustração, essa ilustração tem uma representação visual na memória sensorial e tem-se uma representação interna na memória de trabalho visual ou pictorial. |
| Organização das palavras selecionadas no modelo verbal | Este processo consiste na organização das palavras relevantes processadas anteriormente, sendo dispostas numa estrutura de modelo verbal. O indivíduo criará conexões entre fragmentos da parte verbal do conhecimento. |
| Organização das imagens selecionadas no modelo visual | De maneira semelhante à organização de palavras, a organização das imagens relevantes é realizada para estruturar as diversas figuras que o estudante absorveu, mas precisam estar dispostas numa devida organização, que Mayer chamou de modelo pictorial. |
| Integração do conhecimento prévio com as representações | Finalmente, todas as representações organizadas no modelo verbal e pictorial precisam ser integradas com o conhecimento prévio do aluno. Para isso, as representações que estavam sendo construídas separadamente, são integradas de maneira racional. Além disso, esse conhecimento integra-se ao conhecimento prévio disposto na memória de longo prazo do estudante. |

Fonte: Adaptado de Mayer (2009, p. 70-75).

Além dessas cinco etapas, existem outros três processos que utilizam os recursos cognitivos do estudante, sendo eles: processamento supérfluo, processamento essencial e processamento criativo (THEES, 2019).

O processamento supérfluo é caracterizado pelo uso desnecessário de recursos cognitivos pelos estudantes, estimulados pelo professor, que não estão diretamente relacionados ao objetivo principal da aprendizagem. Isso pode ocorrer devido a uma má elaboração da apresentação do material, por exemplo, ao incluir figuras meramente decorativas que não possuem nenhum propósito educativo. Isso acaba desviando a atenção e os recursos cognitivos dos estudantes que poderiam ser melhor utilizados para processar o conteúdo de ensino (MAYER, 2009, p. 80-81).

O processamento essencial é o raciocínio que o estudante utiliza para construir, em sua memória de trabalho, uma representação mental das partes fundamentais do material apresentado. Esse processo envolve selecionar os materiais relevantes e criar suas representações na memória de trabalho. Existem algumas maneiras de facilitar esse processo, como dividir a apresentação em partes bem definidas para permitir que o estudante absorva cada informação de forma mais

eficaz, em vez de tentar aprender todo o conteúdo de uma vez, sem pausas. Além disso, outra maneira de facilitar esse processo é apresentar previamente uma explicação introdutória dos termos que serão abordados, para estimular o pensamento do estudante e prepará-lo para quando for aprofundar esses conceitos (MAYER, 2009, p. 80).

O processamento criativo é fundamental para ter uma aprendizagem relevante, pois é responsável pelo processo cognitivo a dar sentido ao material essencial. Ou seja, ele é o responsável pelas etapas de organização e integração das informações ao conhecimento prévio. Ele é influenciado pelo estímulo de aprender oferecido ao aluno, se o estudante está num ambiente confortável e sendo estimulado naturalmente, ele tende a ter uma melhor aprendizagem (MAYER, 2009, p. 81).

Baseado nesses três processamentos, Mayer (2009) idealizou três objetivos que melhoram a utilização de materiais multimídia na aprendizagem, cada um com seus princípios que devem ser respeitados ao pensar na elaboração do material. Sendo eles, redução do processamento supérfluo, gerenciamento do processamento essencial e o último sendo a promoção do processamento criativo.

O primeiro desses objetivos é a redução do processamento supérfluo, que é realizada a partir dos seguintes princípios:

- **Princípio da coerência** - Este princípio consiste na não utilização de textos e imagens irrelevantes ao objetivo de ensino, ou seja, é indicado o uso somente dos itens que sejam importantes para o objetivo da aula. Mesmo que adicionar algumas figuras possa parecer interessante para incrementar o design do material, se o seu uso for somente para embelezar, esse acréscimo não será benéfico, pois é preciso lembrar que o ser humano tem capacidade limitada de processamento e esses itens irrelevantes ocuparão uma parte da capacidade que poderia ser destinada ao processamento de materiais relevantes (MAYER, 2009, p. 89).
- **Princípio da sinalização** - Este princípio consiste na seguinte premissa, " as pessoas aprendem melhor quando elementos essenciais são destacados na organização da apresentação". A partir do momento que ocorre o devido direcionamento da atenção do aluno para o item de interesse, a tendência a processar elementos supérfluos é bastante reduzida, pois o seu

foco será nos elementos essenciais e conseguirá estabelecer relação entre eles (MAYER, 2009, p. 108).

- **Princípio da redundância** - Este princípio implica que os alunos aprendem melhor a partir de narração e imagens, do que narração, imagens e textos visualmente disponíveis. Como o ser humano tem capacidade limitada de processamento, o ideal é evitar a utilização da repetição ou leitura do texto escrito na sua fala, sendo preferível que as palavras sejam verbais e não visuais. O estudante realiza menos esforço ao assimilar imagens com palavras verbais, do que alternar entre imagens, palavras verbais e palavras impressas (MAYER, 2009, p. 118).

- **Princípio da contiguidade espacial e temporal** - Este princípio aborda a ideia de que figuras e palavras associadas devem estar espacialmente próximas e aparecem ao mesmo tempo, favorecendo assim o estabelecimento de conexões entre as informações verbais e visuais. Diante disso, é interessante realizar essa associação temporal e espacial para melhorar a probabilidade da aprendizagem de uma forma mais significativa, pois reduzirá o esforço que o estudante necessita para processar as informações fornecidas (MAYER, 2009).

O segundo objetivo é gerenciar o processamento essencial, ou seja, gerenciar as informações fundamentais para obter uma representação mental dos conceitos. Esse objetivo foi estabelecido para proceder em situações, em que o processamento essencial do canal duplo está acima da capacidade cognitiva do estudante, então foi preciso de alguns princípios para gerenciar esse processo e auxiliar o estudante (MAYER, 2009, p. 171-173). Os princípios de interesse para alcançar este objetivo estão dispostos a seguir:

- **Princípio da segmentação** - A ideia desse princípio consiste que o estudante aprende melhor quando o conteúdo é fragmentado em diferentes partes, em vez de uma única parte. Alguns estudantes podem apresentar dificuldade em compreender uma parte do material explicado e acabaram se perdendo no resto da explicação, o autor indica que a solução para isso, é dividir em diversos momentos, que o estudante consegue estudar, revisar e assim conseguir prosseguir para ter um melhor entendimento (MAYER, 2009, p. 175).

- **Princípio do pré-treinamento** - A aprendizagem é mais bem aproveitada quando o estudante é introduzido aos nomes e ideias dos conceitos a serem vistos ao longo da apresentação. Ao serem introduzidos previamente as palavras e características, o estudante consegue construir um modelo mental do que vão esperar e realizar a associação nos momentos de aprofundamento (MAYER, 2009, p. 189)

O terceiro objetivo é relacionado com o processo criativo, ou seja, visa promover o engajamento dos estudantes na apresentação do material. Ao contrário dos dois primeiros objetivos, o intuito deste é utilizar a capacidade cognitiva que pode não estar sendo utilizada devido à falta de vontade do estudante em absorver as informações. Isso pode ocorrer por diversos fatores, como por exemplo, quando o professor não demonstra entusiasmo ou apresenta o material de forma muito complexa, o que pode desestimular o estudante. Para contornar esses problemas, é importante concordar com os princípios a seguir, que podem ajudar a estimular o estudante (MAYER, 2009, p. 221-222).

- **Princípio da personalização** - A apresentação multimídia é mais bem aproveitada quando é utilizado do estilo de conversa informal, do que o estilo formal. Essa ideia é baseada em experiências nas quais que os estudantes com apresentações com o estilo de conversa informal acabaram por reter melhor as informações do que os recebam de maneira formal. Pode-se explicar esse fenômeno pelo fato de o estudante perceber o professor como um parceiro de conversa, do que uma autoridade que está ali para repreendê-lo (MAYER, 2009, p. 242)
- **Princípio da voz** - Esse princípio está diretamente relacionado ao princípio da personalização. As pesquisas iniciais indicam que uma voz humana natural e amigável apresentou melhores resultados na aprendizagem dos estudantes. Ou seja, não se deve utilizar de vozes artificiais, mesmo que sejam compreensíveis, é preferível utilizar a própria voz do professor sem alteração (MAYER, 2009, p. 255-256).
- **Princípio da imagem** - Esse princípio ainda está sendo estudado, mas no que tange a sua ideia, o autor analisa se a presença da imagem do professor tem alguma influência na aprendizagem do estudante. A partir da sua experimentação inicial, ainda é inconclusivo se existe uma interferência. Pode-se observar que a imagem do professor pode trazer mais para o lado

humano da apresentação, mas também pode interferir com distrações visuais no cenário, vestimenta e outros fatores. Por outro lado, se o professor tiver com sua imagem presente e direcionar a atenção do estudante, pode ser benéfico para a aprendizagem (MAYER, 2009, p. 258-261).

Diante do apresentado, pode-se compreender um pouco mais da TCAM e como ela tem o objetivo promover uma aprendizagem mais relevante com o uso de recursos multimídia. Em específico, neste trabalho consideraremos a utilização dos princípios da TCAM aplicados ao material audiovisual com fins educativos, as videoaulas. Permitindo verificar se o material utilizado está de acordo com a TCAM, ou seja, propiciando um melhor processo de ensino e aprendizagem.

4 METODOLOGIA

4.1 NATUREZA DA PESQUISA

O presente trabalho consistiu em uma pesquisa qualitativa, do tipo descritiva, por meio da seleção e análise de um grupo de videoaulas sobre o conteúdo de Estequiometria disponibilizadas na plataforma YouTube. A escolha por essa abordagem se justifica pela possibilidade de coletar informações detalhadas e sistemáticas sobre o objeto de estudo, a fim de compreendê-lo e identificar correlações com a pergunta da pesquisa (OLIVEIRA, 2006).

A abordagem descritiva, por sua vez, é adequada para investigar fenômenos pouco conhecidos ou pouco explorados, permitindo a identificação de padrões e relações entre variáveis envolvidas. Assim, por meio dessa abordagem, é possível obter uma análise aprofundada e detalhada do objeto de estudo, contribuindo para a compreensão do fenômeno em questão.

4.2 INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS

4.2.1 Seleção das videoaulas do YouTube

Considerando que nosso material de estudo são videoaulas disponíveis na plataforma YouTube, utilizamos de alguns critérios para selecionar os vídeos analisados. Após a aplicação dos critérios, selecionamos onze videoaulas que o estudante encontraria ao pesquisar sobre o conteúdo de Estequiometria. Os critérios considerados para a seleção dessas aulas estão descritos a seguir:

- I. Duração: foram selecionadas videoaulas com duração entre 4 e 20 minutos. Esse critério foi estabelecido com o objetivo de selecionar videoaulas que apresentam conteúdo objetivo e bem estruturado, sem excesso de informações ou prolongamento desnecessário (LAGERSTROM, 2015)
- II. Quantidade de visualizações: foram selecionadas videoaulas com um mínimo de 50 mil visualizações. Esse critério foi estabelecido para garantir que as videoaulas selecionadas são de interesse e relevância para uma grande audiência

III. Linguagem - O idioma da videoaula necessita ser o português brasileiro, pois é o idioma dos estudantes e os vídeos serão recomendados nesse mesmo idioma.

IV. Qualidade do áudio e vídeo: foram selecionadas videoaulas com qualidade de áudio e vídeo satisfatória, para garantir que o material selecionado apresente uma boa qualidade técnica.

V. Sejam vídeos que introduzam, resolução de exercícios ou façam uma revisão geral do conteúdo de estequiometria.

VI. Sejam materiais de professores diferentes, com o intuito de investigar os diferentes métodos de ensino em videoaulas.

Definidos os critérios para o objeto de estudo, realizou-se uma pesquisa na plataforma utilizando do seguinte termo "Estequiometria". Além disso, a busca foi realizada na navegação anônima do Google Chrome³, esse recurso foi utilizado com a finalidade de reduzir a influência do algoritmo sobre a entrega das videoaulas para esse estudo. A plataforma do YouTube oferece algumas opções de personalização de filtros, ou seja, conforme podemos observar na figura 3, existem algumas opções para facilitar a seleção dos vídeos. Neste caso, utilizou-se os filtros de duração (4-20 minutos), alta definição e contagem de visualizações, assim facilitando a seleção do material a ser analisado.

Figura 3 — Opções de filtragem da plataforma Youtube

| DATA DO UPLOAD | TIPO | DURAÇÃO | CARACTERÍSTICAS | ORDENAR POR |
|----------------|----------------|-------------------------|-------------------------|----------------------------------|
| Última hora | Vídeo × | Menos de 4 minutos | Ao vivo | Relevância |
| Hoje | Canal | 4 a 20 minutos × | 4K | Data de envio |
| Esta semana | Playlist | Com mais de 20 minutos | Alta Definição × | Contagem de visualizações |
| Este mês | Filme | | Legendas/CC | Classificação |
| Este ano | | | Creative Commons | |
| | | | 360° | |
| | | | VR180 | |
| | | | 3D | |
| | | | HDR | |
| | | | Local | |
| | | | Comprado | |

Fonte: YouTube.com.

³Um dos principais navegadores de internet, desenvolvido pela Google e disponível em todas as plataformas.

Após realizar essas configurações iniciais, foram encontrados 49 materiais que atendiam aos critérios de duração e quantidade de visualizações, mas que precisaram ser filtrados por conta da linguagem, pois a plataforma não tem esse tipo de filtro. Após filtrar os vídeos em função da linguagem, restaram 31 materiais. No entanto, existem materiais do mesmo professor, logo, restringiu-se a análise de um material por professor, sobressaindo o material que tivesse a maior quantidade de visualizações. Ao final, restaram 11 materiais possíveis de serem analisados. Os vídeos foram coletados no dia 23 de setembro de 2022. A fim de garantir a privacidade e a proteção dos dados dos professores/apresentadores e dos canais no YouTube que disponibilizaram o material analisado, algumas informações adicionais foram omitidas. Todavia, todas as videoaulas examinadas foram resumidamente descritas no quadro 5.

4.3 ANÁLISE DAS VIDEOAULAS A PARTIR DA TCAM

Essa etapa do trabalho consistiu na reprodução de cada videoaula e na avaliação referente a cada um dos princípios estabelecidos pela TCAM, descrevendo as incoerências encontrados em cada material. Para melhor analisar os vídeos selecionados e tentar diminuir a imprecisão, descreveremos os critérios individuais dos princípios, que serão atribuídos das siglas P1 a P9, conforme pode-se observar no quadro 4 a seguir.

Quadro 4 — Síntese dos princípios utilizados da TCAM para análise desse material audiovisual

| Redução do processamento supérfluo | | |
|------------------------------------|----------------------------------|--|
| P 1 | Sinalização | A organização do material é explicitada, orientando o estudante. |
| P 2 | Coerência | As informações (figuras, palavras, símbolos) supérfluas são excluídas. |
| P 3 | Redundância | Ter apenas desenhos e narração do que desenhos, narração e texto escrito (legenda do que está sendo narrado). |
| P 4 | Contiguidade espacial e temporal | Palavras e figuras correspondentes estão espacialmente próximas e aparecem ao mesmo tempo, favorecendo assim o estabelecimento de conexões entre as informações verbais e visuais. |
| Gerenciar o processo essencial | | |

| | | |
|------------------------------------|-----------------|--|
| P 5 | Segmentação | Os estudantes podem ter uma melhor aprendizagem quando o ritmo de aprendizagem é definido pelo aluno, não sendo uma sequência automática e sem possibilidade de revisar antes do próximo segmento. |
| P6 | Pré-treinamento | Os indivíduos podem aprender melhor quando existe uma devida apresentação dos preceitos necessários, para assim começar a explicação do conteúdo. |
| Promoção do processamento criativo | | |
| P 7 | Imagem | As pessoas aprendem melhor quando a imagem de quem está falando/narrando está na tela |
| P 8 | Personalização | As palavras estão em estilo convencional ou informal, em vez de estilo formal. |
| P9 | Voz | A voz da narração é humana, e não uma voz artificial. |

Fonte: Adaptado de Thees (2019).

Assim, após estabelecida a metodologia da pesquisa, o próximo capítulo abordará os resultados e discussão a partir desse grupo de videoaulas de estequiometria da plataforma *YouTube* pelos olhos da TCAM.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 DESCRIÇÃO DAS VIDEOAULAS

Para facilitar o entendimento de cada videoaula, foi realizada uma descrição desses vídeos que foram organizados, no quadro 5 a seguir, juntamente com informações como a duração e a quantidade de visualizações.

Para simplificar a análise das videoaulas, elas estão referenciadas com o código do quadro 5, no qual a videoaula 1 é V1, a videoaula 2 é V2, até todas os materiais terem seu próprio código, simplesmente por questão de organização.

Quadro 5 — Descrição das videoaulas selecionadas para análise.

| Videoaula | Duração | Quantidade de visualizações | Data de postagem | Síntese |
|-----------|---------|-----------------------------|------------------|---|
| V1 | 14:16 | 1.256.904 | 29/05/2018 | Na videoaula em questão, o professor se mostra descontraído enquanto apresenta o conteúdo de estequiometria e oferece dicas para ajudar os alunos a compreender o assunto. A aula começa com uma breve explicação do conceito de Mol, seguida de um esquema didático para resolver problemas de estequiometria de forma mais fácil. Entre a explicação inicial e a resolução da questão de fixação, o professor apresenta uma paródia para motivar e engajar os alunos. |
| V2 | 10:09 | 160.166 | 28/04/2020 | A videoaula começa com a vinheta do canal e apresentação do professor, que já tem a lousa com os desenhos esquemáticos prontos para serem utilizados na aula introdutória. Durante a explicação, o professor vai indicando no quadro o que está sendo abordado, direcionando a atenção do aluno. A produção da videoaula teve os cuidados necessários com os aspectos técnicos e |

| | | | | |
|----|-------|---------|------------|---|
| | | | | conceituais do conteúdo, proporcionando uma experiência de aprendizado eficiente e agradável |
| V3 | 05:42 | 134.332 | 31/05/2016 | A videoaula apresenta um aspecto simples e direto, contendo apenas as informações necessárias para o desenvolvimento do estudante. O objetivo é explicar o balanceamento de equações químicas, abordando de forma clara e concisa o conceito de equações químicas e como balancear uma reação de formação do Óxido de Alumínio. A apresentação conta com um quadro virtual e a voz do professor, dispensando a imagem do docente. A produção da videoaula se preocupa em oferecer um conteúdo de qualidade, proporcionando uma experiência de aprendizado objetiva e eficiente. |
| V4 | 05:07 | 65.250 | 13/02/2012 | A videoaula começa com um quadro verde virtual, que contém todas as informações necessárias para iniciar a resolução de uma questão de rendimento da reação da Fuvest. Durante o vídeo, a professora dialoga com o aluno, orientando-o sobre como abordar questões desse tipo com um ritmo lento e fácil de entender. Embora o material não apresente a imagem da professora, ela usa um quadro de explicação virtual e sua voz para explicar os conceitos. No geral, a aula é clara e bem-organizada, facilitando o aprendizado do estudante. |
| V5 | 7:31 | 506.251 | 17/11/2017 | A videoaula começa com a abertura do quadro onde o professor utiliza desenhos esquemáticos para solucionar dúvidas dos estudantes. A esquematização é narrada pela voz do professor e apresenta a montagem de um mapa mental sobre |

| | | | | |
|----|-------|-----------|------------|---|
| | | | | estequiometria. Ele começa recapitulando sobre as grandezas necessárias para o cálculo estequiométrico. Em seguida, demonstra um passo a passo para resolver questões de estequiometria. Após o passo a passo, demonstra como proceder em casos especiais da estequiometria e relacionando com o passo a passo. Finaliza a aula contextualizando o uso da estequiometria. |
| V6 | 09:31 | 2.529.386 | 28/10/2013 | Este material é uma parte introdutória de um conteúdo maior sobre a estequiometria. Nos primeiros 53 segundos, o professor apresenta seu curso de química, além de fornecer informações sobre o material de revisão para vestibulares. O vídeo tem um aspecto de aula mais antiga, com o professor utilizando um quadro verde e giz branco para explicar aos alunos. A abordagem é teórica, comparando a estequiometria a uma receita de bolo. Infelizmente, o final do material é cortado, e o aluno precisa acessar a segunda parte do conteúdo para obter a conclusão da explicação. |
| V7 | 08:24 | 94.835 | 29/06/2015 | A videoaula começa com a apresentação da vinheta do canal, seguida pela introdução do professor sobre o tema que será abordado: Pureza e Rendimento. Durante a aula, há momentos em que o professor aparece em frente à câmera e outros em que a imagem é alternada para a apresentação pptx. Em todas as partes da aula, o professor mantém um ritmo adequado e explica o assunto de forma clara e acessível para o estudante. Além disso, o material utilizado é bem-organizado e contém apenas as informações essenciais para a |

| | | | | |
|-----|-------|---------|------------|--|
| | | | | compreensão do tópico. No geral, a qualidade técnica e didática da aula é excelente. |
| V8 | 09:52 | 82.643 | 19/08/2018 | Este material difere dos outros, pois os recursos utilizados foram manufaturados, utilizando de figuras, escrita no papel e a visão do professor escrevendo numa folha. O professor indica assuntos que o estudante deveria conhecer para auxiliar no entendimento do conteúdo, a explicação é bem direta e completa, ensinando métodos diferentes para realizar o balanceamento das equações químicas. Esse formato de videoaula apresenta um visual atrativo e pode aproximar o estudante, pois é semelhante ao estudante estudar e escrever no caderno o assunto. |
| V9 | 11:04 | 458.212 | 01/07/2015 | A videoaula inicia com o professor num cenário com itens supérfluos no papel de parede e com a parte da vinheta. Após isso, ocorre a mudança para um cenário onde o professor está na frente de um quadro branco com anotações em marcador de quadro branco, semelhante a estrutura de uma aula mais tradicional. Além da explicação inicial sobre os fundamentos da estequiometria, o professor utiliza de uma televisão para mostrar um slide de exercício e a sua resolução, semelhante a alguns cursos particulares fazem. |
| V10 | 17:31 | 419.460 | 03/10/2016 | Este material difere dos outros, pois os recursos utilizados foram manufaturados, utilizando de figuras, escrita no papel e a visão do professor escrevendo numa folha. O professor explica como balancear as equações e realiza dois exemplos para praticar com os alunos. Esse formato de videoaula apresenta um visual atrativo e |

| | | | | |
|-----|-------|---------|------------|--|
| | | | | pode aproximar o estudante, pois é semelhante ao estudante estudar e escrever no caderno o assunto. |
| V11 | 15:00 | 236.757 | 06/03/2017 | <p>A professora ensina como resolver problemas de estequiometria de forma simples e eficiente. Ela demonstra os cinco passos necessários para resolver problemas de estequiometria, começando pela identificação do comando da questão e os dados fornecidos, balanceamento das reações, cálculo de pureza e rendimento e como relacionar os dados com o comando da questão.</p> <p>Ela utiliza hidrocores para ilustrar cada um dos passos, o que facilita o entendimento dos estudantes.</p> |

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

5.2 ANÁLISE DAS VIDEOAULAS

Após essa etapa inicial da análise para compreendemos um pouco mais sobre as videoaulas selecionadas, a análise do material está descrita a seguir, onde cada um dos tópicos é referente a um dos princípios da TCAM.

5.2.1 Redução do Processamento Supérfluo

Para alcançar o objetivo desse tópico evidencia-se os princípios da sinalização; redundância; coerência; contiguidade espacial e temporal.

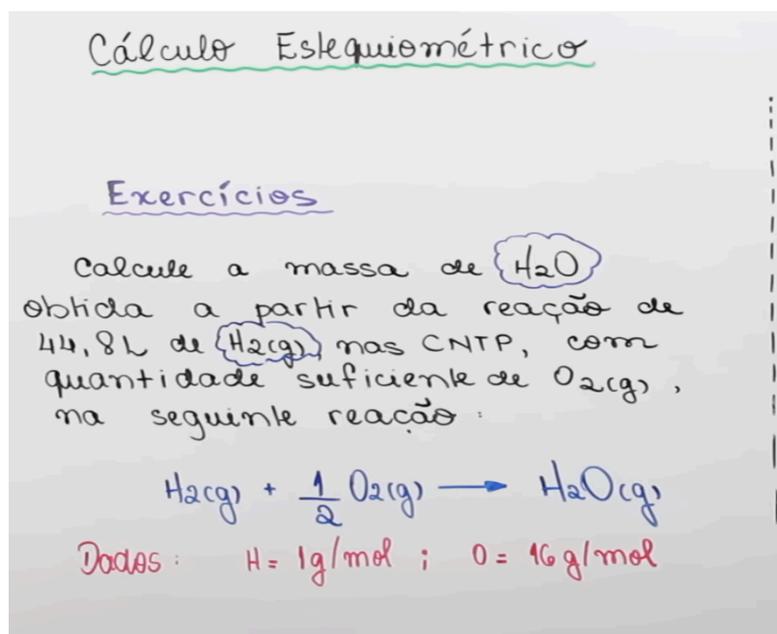
5.2.1.1 Princípio da Sinalização

Segundo Mayer (2009), a aprendizagem do indivíduo se beneficia quando a organização dos recursos imagéticos está disposta de forma a evidenciar ou destacar as partes essenciais da explicação. A sinalização do objeto de interesse

favorece o estudante a não perder a concentração do que está sendo explicado, favorecendo a redução do processamento supérfluo e assim permitindo que ele compreenda o que está sendo mostrado e não se perca na explicação.

O princípio da sinalização foi muito respeitado em V1, o professor sempre direcionava a atenção do estudante para onde desejava que tivesse foco. Além de utilizar de pincel marcador colorido para facilitar a organização. Como podemos observar no recorte do material na figura 4.

Figura 4 — Exemplificação da videoaula 1



Fonte: Elaborado pelo autor com printscreen do vídeo.

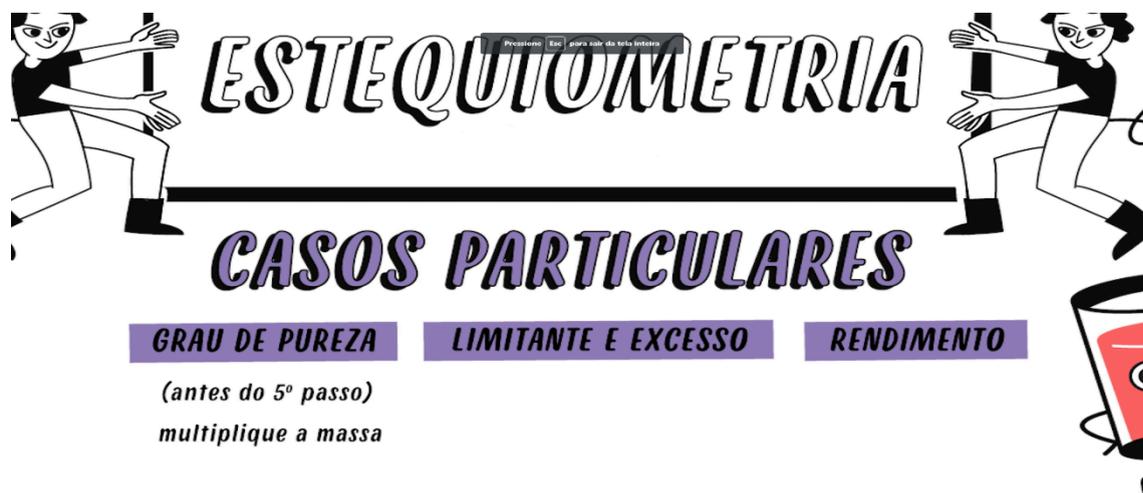
Podemos observar na figura 4 que o professor de V1 realizou o destaque de dados fundamentais para organização da questão, direcionando o foco para o que o problema estava solicitando, que seria a massa de H_2O , além de ressaltar as cores diferentes para destacar do enunciado.

De maneira semelhante a V1, as videoaulas V2, V3, V8, V9, V10 e V11 utilizaram de cores diferentes na sua organização do quadro. Além disso, sempre apontavam para onde deveria ter a atenção do estudante. Em V3, V4, V6, V8 temos a construção do quadro de acordo com o avanço das etapas, para facilitar a linha de raciocínio do estudante e reduzir o processamento supérfluo, pois o estudante estaria acompanhando a construção dos conceitos.

Sobre os aspectos observados na V5, pode-se perceber que esse princípio estava de acordo com as indicações da TCAM, pois as representações que foram

surgindo eram sempre destacadas, além disso, as informações apareciam aos poucos, no ritmo de narração, facilitando o estudante em focar somente no que estava sendo explicado, conforme podemos observar na figura 5.

Figura 5 — Exemplificação da videoaula 5.



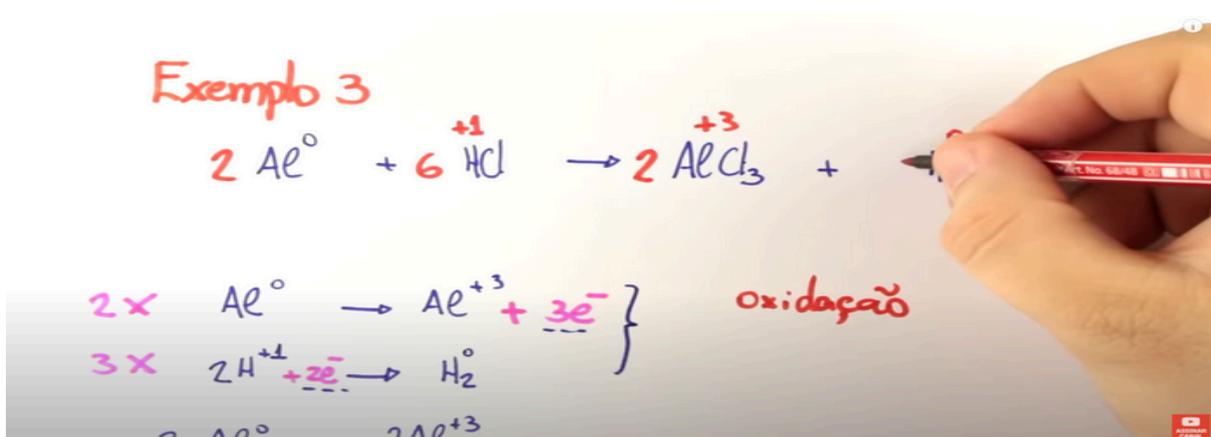
Fonte: Elaborado pelo autor com printscreen do vídeo.

Como podemos observar as informações referentes ao grau de pureza estão dispostas na representação, mas as informações que não foram introduzidas estão indisponíveis e após finalizar a explicação sobre grau de pureza, elas são introduzidas.

A videoaula V7 utilizou do material complementar de Slide com animações, ou seja, as informações apareceriam conforme o professor fosse avançando na explicação e indicando com o cursor visual onde o aluno deveria prestar atenção.

Destacando a estrutura da videoaula V8, na qual o professor utilizou de canetas hidrográficas diferentes para facilitar a sinalização das informações, como pode-se observar na figura 6. Como o raciocínio estava sendo construído com os estudantes, a utilização das cores diferentes tende a ser benéfica para as anotações.

Figura 6 — Exemplificação da videoaula 8.



Fonte: Elaborado pelo autor com printscreen do vídeo.

As informações apresentadas neste tópico foram organizadas em um quadro síntese para facilitar a visualização dos resultados da análise. Nesse quadro, as videoaulas que estão de acordo com o princípio foram classificadas como coerentes, enquanto aquelas que apresentaram algum tipo de desacordo significativo com a TCAM foram classificadas como incoerentes. Como pode ser visto no quadro 6.

Quadro 6 — Resumo dos resultados obtidos a partir das videoaulas

| Videoaulas | | | | | | | | | | | | |
|--------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-------|
| Coerente | V1 | V2 | V3 | V4 | V5 | V6 | V7 | V8 | V9 | V10 | V11 | TOTAL |
| Incoerente | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | 11 |
| Insuficiente | | | | | | | | | | | | 0 |

Fonte: O autor (2023).

5.2.1.2 Princípio da Redundância

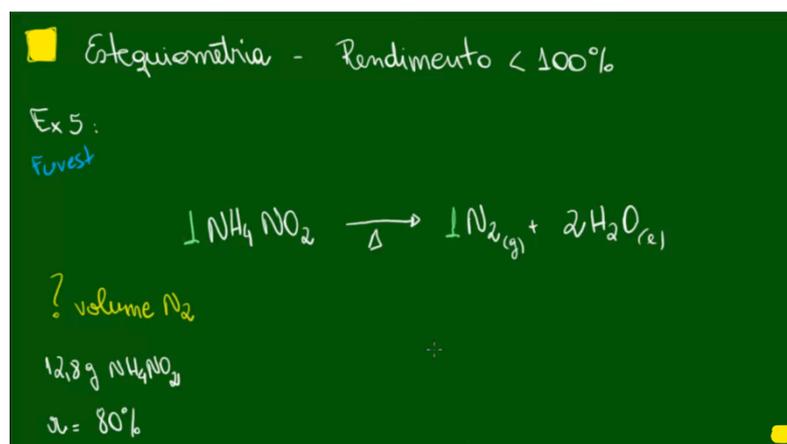
Da mesma forma como está descrito o significado da palavra redundância no dicionário Michaellis (2016), sendo "Excesso ou repetição desnecessária de palavras", Mayer (2009) indica que a aprendizagem pode ser melhorada quando as repetições são evitadas, ou seja, quando o autor(a) do material multimídia prepara o um material mais direto, sem textos que parecem transcrições da fala do professor. Por isso, é indicado que seja utilizada da narração oral e imagens, para evitar que o aluno tenha uma sobrecarga no seu canal visual e tenha sua aprendizagem prejudicada por conta disso. Porém, do nosso ponto de vista pode-se observar

alguns empecilhos quando pensamos em explicações matemáticas, físicas ou químicas, onde a utilização de símbolos e fórmulas é imprescindível na maioria dos conteúdos, como Termodinâmica, Matemática básica, Estequiometria e outros. Por isso, de maneira semelhante a Thees (2019), foi preciso adaptar esse princípio para a sua aplicação no material analisado,

Ao analisar os vídeos V1, V2, V3, V6 e V7, é possível notar que o material disposto no quadro da videoaula é apresentado de forma sucinta, servindo apenas como um guia para auxiliar o estudante na compreensão do conteúdo. Essa abordagem favorece o processo de aprendizagem, pois evita repetições desnecessárias e mantém o foco na explicação principal. No geral, essa técnica contribui positivamente para a clareza e objetividade da aula.

Na sequência, é feita uma análise da videoaula V4, que aborda a resolução de um exercício de rendimento de reação. Apesar de o enunciado e os dados necessários para a resolução do problema estarem presentes na apresentação, a professora consegue sintetizar apenas as informações essenciais, evitando repetições desnecessárias, como pode ser visto na Figura 7, que mostra o quadro inicial da videoaula V4. O resultado é uma aula clara e objetiva, que se concentra na solução do problema em questão.

Figura 7 — Exemplificação da videoaula 4.



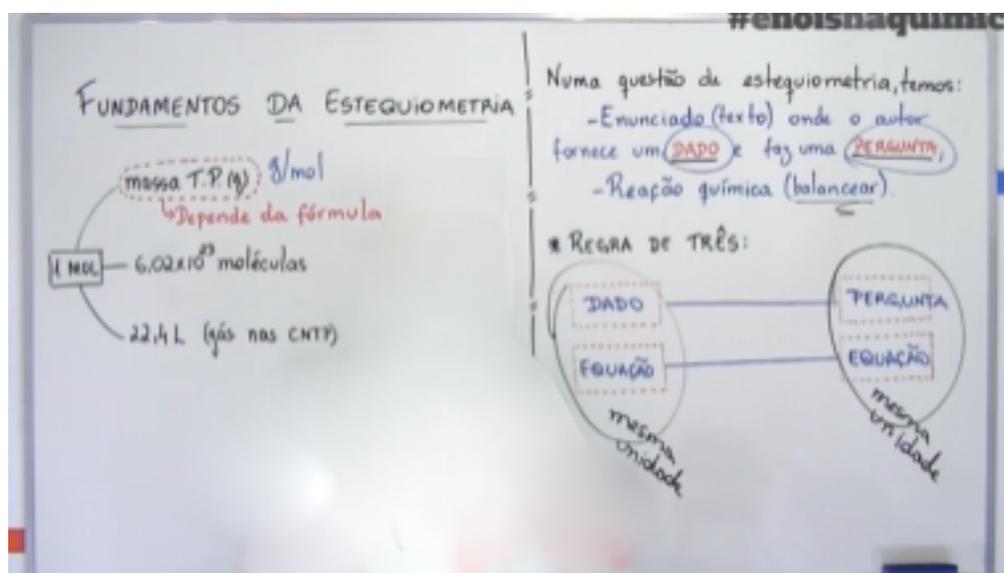
Fonte: Elaborado pelo autor com printscreen do vídeo.

Ao analisar as videoaulas V5 e V8, é possível observar que ao longo do vídeo o professor explica sobre os conceitos de estequiometria da aula de forma resumida, introduzindo apenas os termos essenciais na ilustração esquemática. Retornando à figura utilizada na exemplificação do princípio da sinalização de V5 e V8, as outras

representações eram semelhantes e só tinham o potencial de auxiliar o desenvolvimento do raciocínio do estudante.

Em relação à videoaula V9, é possível perceber que há uma certa repetição de conteúdo verbal e impresso, conforme ilustrado na figura 8. Grande parte do texto presente no quadro não é essencial para a compreensão do assunto, já que o professor aborda esses pontos em sua fala. Isso acaba gerando uma redundância e tornando a aula repetitiva em certos momentos. Seria recomendável rever a estrutura da aula e eliminar as informações redundantes para tornar a apresentação mais dinâmica e objetiva.

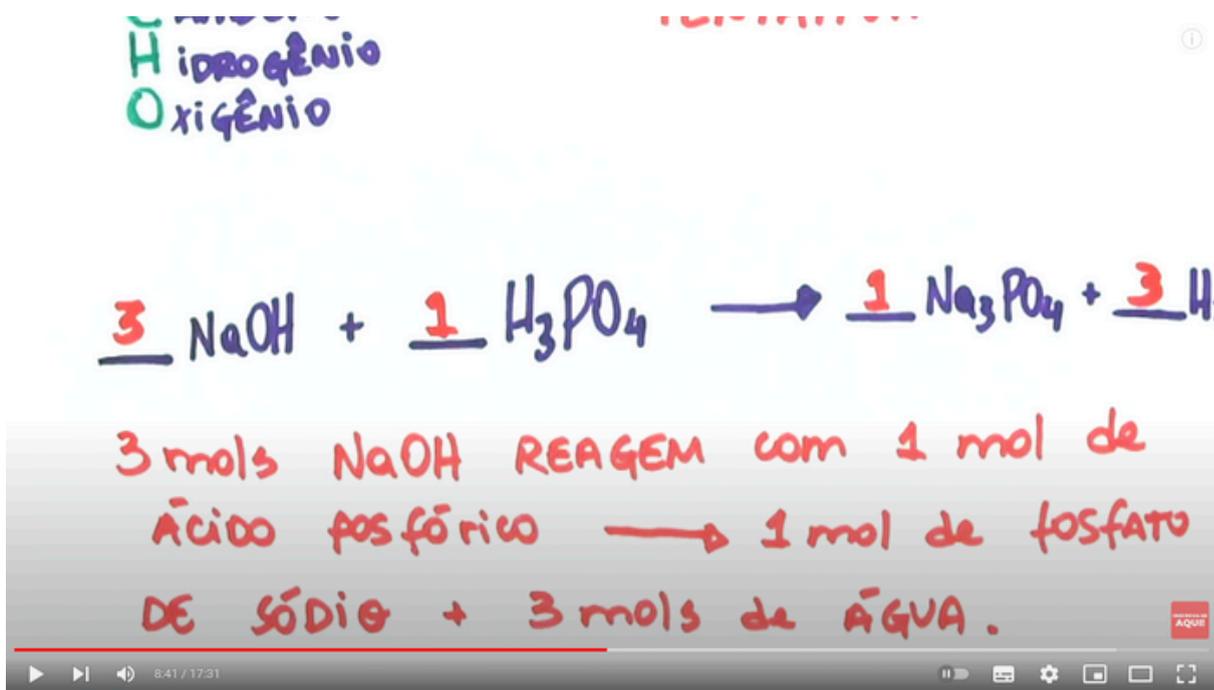
Figura 8 — Exemplificação da videoaula 9



Fonte: Elaborado pelo autor com printscreen do vídeo.

Um exemplo semelhante pode ser visto na videoaula V10, em que o professor escreve no material o significado da equação química. Durante a escrita, ele recita em voz alta o que está escrevendo, o que vai contra o princípio da redundância. Essa situação pode ser observada na figura 9.

Figura 9 — Exemplificação da videoaula 10

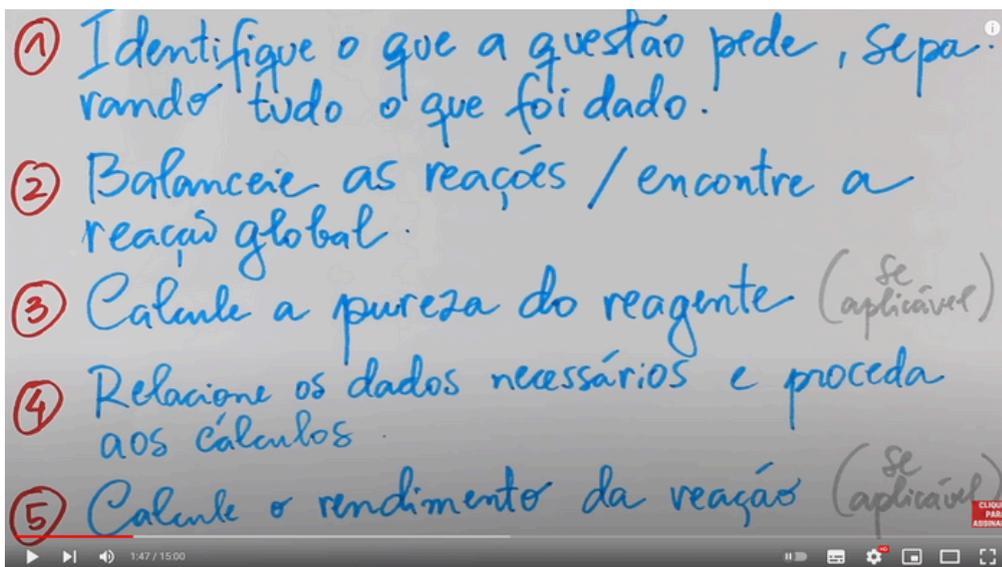


Fonte: Elaborado pelo autor com printscreen do vídeo.

Neste momento, é importante destacar a importância da representação do conhecimento químico através da equação. No entanto, é preciso ter cuidado para não repetir informações desnecessariamente, o que pode sobrecarregar o aluno e limitar sua capacidade de aprendizado. Uma alternativa para o professor seria mencionar os nomes dos reagentes e produtos ao invés de enfatizar a mesma informação repetidamente. Isso ajudaria os estudantes a se familiarizarem com os compostos mais comuns na Química e a compreenderem melhor a relação entre eles na equação química.

Por fim, chegamos à análise da videoaula V11. Logo no início, percebe-se que esse princípio será desrespeitado pelo material utilizado na aula, como pode ser visto na Figura 10.

Figura 10 — Exemplificação da videoaula 11



Fonte: Elaborado pelo autor com printscreen do vídeo.

Durante este momento da aula, é perceptível que o professor lê todo o texto escrito no material, com acréscimos pontuais de informações. No entanto, seria possível utilizar termos-chave para resumir os 5 passos apresentados, como por exemplo: 1. Separar dados; 2. Balancear equações; 3. Pureza; 4. Cálculos; 5. Rendimento. Essa abordagem tornaria a informação mais fácil de lembrar para os alunos, já que a quantidade de informações seria reduzida e o material teria uma aparência mais organizada.

Assim como na pesquisa realizada por Thees (2019), observa-se que os vídeos analisados obedecem ao princípio da redundância. No entanto, vale ressaltar que, se mantivéssemos a descrição de Mayer (2009), poucas videoaulas da área de Ciências da Natureza e suas tecnologias estariam de acordo com esse princípio, pois é comum a necessidade de representações escritas nesse campo de estudo. A modificação realizada na análise possibilitou uma melhor compreensão do conteúdo pelos estudantes, sem sobrecarregar a apresentação com informações redundantes.

As informações apresentadas neste tópico foram organizadas em um quadro síntese para facilitar a visualização dos resultados da análise. Nesse quadro, as videoaulas que estão de acordo com o princípio foram classificadas como coerentes, enquanto aquelas que apresentaram algum tipo de desacordo significativo com a TCAM foram classificadas como incoerentes. Como pode ser visto no quadro 7.

Quadro 7 — Resumo dos resultados obtidos a partir das videoaulas

| Videoaulas | | | | | | | | | | | | |
|------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-------|
| Conceito | V1 | V2 | V3 | V4 | V5 | V6 | V7 | V8 | V9 | V10 | V11 | TOTAL |
| Coerente | X | X | X | X | X | X | X | X | | | | 8 |
| Incoerente | | | | | | | | | X | X | X | 3 |

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

5.2.1.3 Princípio da Coerência

Esse princípio sugere que os estudantes aprendem melhor quando não há elementos desnecessários na apresentação do conteúdo, incluindo imagens, textos e recursos sonoros que não sejam benéficos para a aprendizagem (Mayer, 2009). Portanto, é importante que a apresentação seja direta e simplificada, visando facilitar o processo de aprendizagem e reduzir o processamento supérfluo.

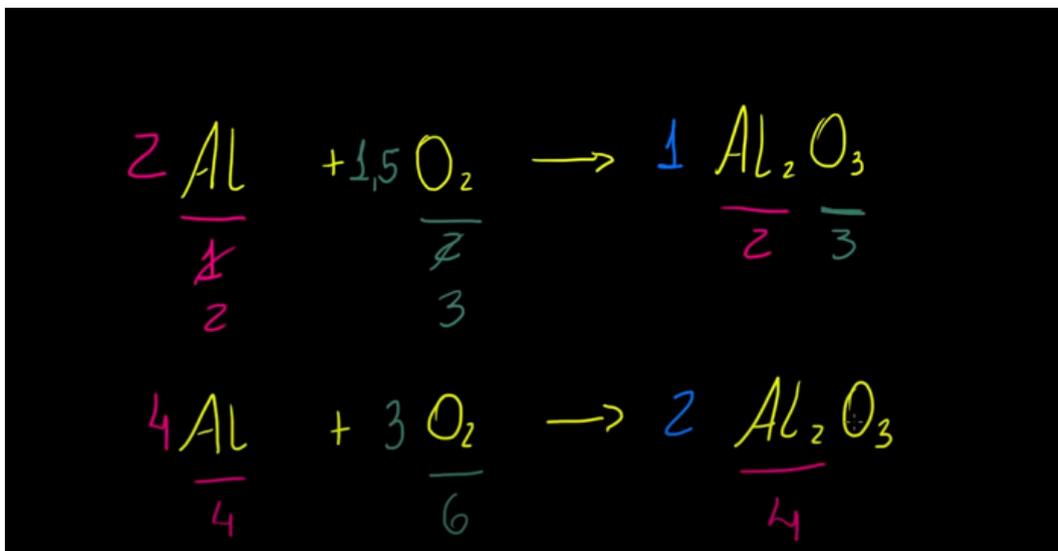
Analisando o vídeo V1, podemos observar que o primeiro elemento supérfluo aparece logo no início, com os primeiros 44 segundos sendo dedicados a solicitar que os visitantes se inscrevam no canal, ativem as notificações e assistam à vinheta do canal. O mesmo recurso de divulgação também aparece nos últimos 30 segundos do vídeo, pedindo aos espectadores que divulguem o canal para seus amigos. Outra característica do professor de V1 é a utilização de paródias de músicas para estimular e ajudar os alunos a fixar os conceitos apresentados. Embora a TCAM não especifique sobre o uso de paródias poder atrapalhar o processamento do estudante, a pesquisa de Lourdes e Bull (2020) sobre o ensino de Química com o uso de paródias demonstrou que estratégias diferentes do tradicional podem ser efetivas para despertar o interesse dos alunos e ajudá-los a fixar os conteúdos.

A videoaula V2 segue um padrão semelhante à V1, com a vinheta inicial e o pedido de inscrição e curtidas no canal. No entanto, existem duas ilustrações que são usadas apenas para fins decorativos, sem contribuir para a compreensão do conteúdo apresentado. Portanto, seria possível remover essas ilustrações para deixar a aula mais concisa e objetiva.

Ao analisar a videoaula em questão, é possível notar que o professor evita utilizar objetos que possam sobrecarregar o processamento dos estudantes. A aula é conduzida em um único quadro que é desenvolvido ao longo da explicação, com o

quadro inicial contendo apenas a primeira equação sem balanceamento e o quadro final apresentado na figura 11. Essa abordagem ajuda a manter o foco no conteúdo e a não distrair os alunos com elementos visuais desnecessários.

Figura 11 — Exemplificação da videoaula 3.



Fonte: Elaborado pelo autor com printscreen do vídeo.

Ao analisar a videoaula V4, pode-se observar que a professora seguiu o princípio da objetividade em todos os momentos, evitando objetos supérfluos.

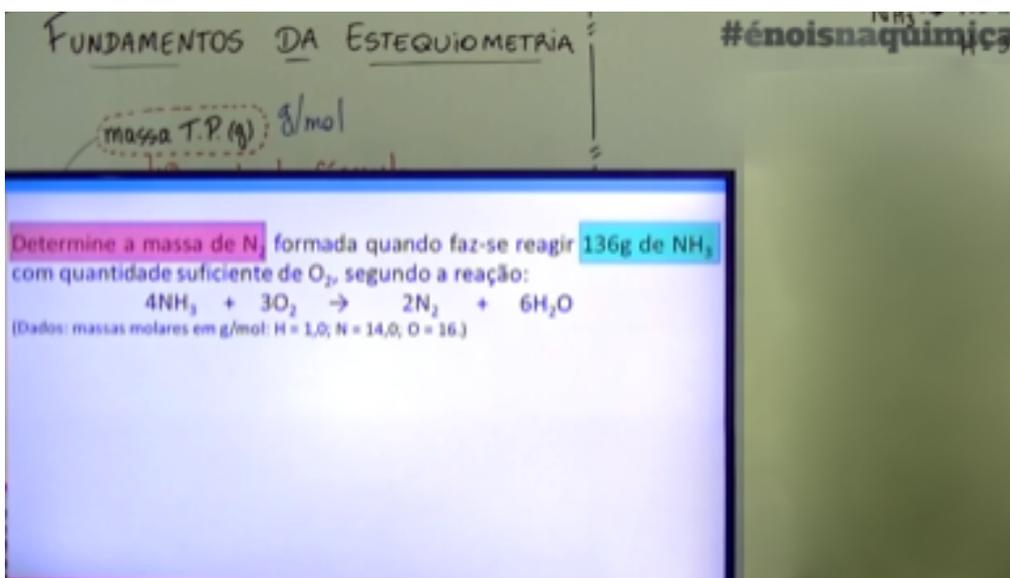
No entanto, na videoaula V5, é possível perceber a utilização de alguns recursos desnecessários, que foram incluídos apenas para tornar o mapa mental mais atraente visualmente, mas que podem acabar sobrecarregando a capacidade cognitiva dos estudantes. Embora a utilização de cores diferenciadas seja uma forma eficiente de tornar a informação mais clara e organizada, outros elementos visuais podem ser dispensáveis.

Além disso, a inclusão de sinais sonoros ao longo do vídeo, como durante a vinheta do canal ou quando novos elementos visuais aparecem na tela, pode distrair os alunos e prejudicar a compreensão do conteúdo. Seria recomendável reduzir a quantidade de recursos sonoros e usá-los com mais moderação, de forma a não comprometer a qualidade da aula.

Na videoaula V6, os primeiros 53 segundos são dedicados à vinheta do canal, divulgação do curso particular e plataforma do professor, o que pode ser considerado um pouco excessivo. Além disso, há a utilização de sons desnecessários no encerramento do material. Outro ponto a ser observado é que a

são evidenciados na figura 13. Sugerimos que o professor compartilhe a tela com os slides ou escolha um fundo mais limpo e organizado para melhorar a experiência do aluno durante a aula. Além disso, é importante evitar elementos que possam desviar a atenção do conteúdo principal.

Figura 13 — Exemplificação da videoaula 9



Fonte: Elaborado pelo autor com printscreen do vídeo.

Na videoaula V10, é possível observar o uso de recursos visuais que têm como objetivo embelezar o material, mas que não são essenciais para o entendimento do assunto, tanto na introdução quanto no meio e no final da aula. Embora possam ser agradáveis visualmente, esses elementos podem distrair o aluno do conteúdo principal e não acrescentar valor à compreensão da matéria.

Na videoaula V11, é perceptível a presença de uma trilha sonora de fundo durante grande parte da aula, que parece ser um objeto supérfluo e desnecessário. Esse tipo de som pode ser considerado uma distração e não acrescentar valor ao conteúdo da aula. Sugerimos que se evite a utilização de trilhas sonoras ou que, quando utilizadas, sejam aplicadas de forma moderada e relevante para a compreensão do conteúdo.

De acordo com Thees (2019), as videoaulas do YouTube têm como objetivo reter o estudante do início ao fim do vídeo e aumentar seu engajamento, a fim de que seus vídeos sejam recomendados para mais alunos. Para alcançar esse objetivo, é comum que se utilizem brincadeiras, informações desnecessárias aos

estudantes, como solicitações de inscrição ou curtidas, e vinhetas para melhorar a qualidade gráfica do canal.

Essas estratégias são importantes para que os canais de videoaulas mantenham seu público engajado e conquistem novos seguidores. No entanto, é preciso ter cuidado para não exagerar no uso desses recursos, pois isso pode ter mais efeito negativo do que positivo. É importante que o conteúdo principal da aula seja sempre o foco central, para que o aluno possa assimilar os conceitos de forma clara e objetiva.

As informações apresentadas neste tópico foram organizadas em um quadro síntese para facilitar a visualização dos resultados da análise. Nesse quadro, as videoaulas que estão de acordo com o princípio foram classificadas como coerentes, enquanto aquelas que apresentaram algum tipo de desacordo significativo com a TCAM foram classificadas como incoerentes. Como pode ser visto no quadro 8 a seguir.

Quadro 8 — Resumo dos resultados obtidos a partir das videoaulas

| Videoaulas | | | | | | | | | | | | |
|------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-------|
| Conceito | V1 | V2 | V3 | V4 | V5 | V6 | V7 | V8 | V9 | V10 | V11 | TOTAL |
| Coerente | | | X | X | | | X | X | | | | 4 |
| Incoerente | X | X | | | X | X | | | X | X | X | 7 |

Fonte: O autor (2023).

5.2.1.4 Princípio da Contiguidade Espacial e Temporal

Mayer (2009) explica que os alunos podem aprender melhor a partir do momento que os termos e imagens relacionadas aparecem simultaneamente e próximos no espaço de visualização, no lugar de aparecerem em momentos diferentes e distantes. Utiliza-se desse recurso para reduzir a sobrecarga cognitiva, sabendo que ao realizar dessa forma os mecanismos audiovisuais são utilizados da melhor maneira, ou seja, trabalhando juntos e tendo mais chances de reter a informação.

A maioria das videoaulas analisadas respeitou completamente o princípio de apresentar a informação visual juntamente com a explicação verbal do professor, o que é muito importante para o aprendizado do aluno. No entanto, podemos notar

que em algumas videoaulas esse princípio foi parcialmente atendido, como é o caso das aulas V2 e V9.

Na videoaula V2, embora o professor indicasse o que seria abordado em cada momento, a informação visual foi disponibilizada de uma só vez na lousa, o que pode ser considerado um obstáculo para a compreensão do aluno. Seria mais adequado se a construção da informação fosse realizada em conjunto com o estudante, como ocorre em outros materiais, onde os conceitos são apresentados juntamente com a fala do professor.

Já na videoaula V9, o professor apresentou uma estrutura prévia no quadro e foi preenchendo de acordo com a explicação. Nesse caso, seria mais adequado se o conteúdo do quadro fosse disponibilizado em partes, à medida que o professor explicasse cada conceito, para que o aluno possa acompanhar o raciocínio e compreender melhor a matéria.

As informações apresentadas neste tópico foram organizadas em um quadro síntese para facilitar a visualização dos resultados da análise. Nesse quadro, as videoaulas que estão de acordo com o princípio foram classificadas como coerentes, enquanto aquelas que apresentaram algum tipo de desacordo significativo com a TCAM foram classificadas como incoerentes. Como pode ser visto no quadro 9 a seguir.

Quadro 9 — Resumo dos resultados obtidos a partir das videoaulas

| Videoaulas | | | | | | | | | | | | |
|------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-------|
| Conceito | V1 | V2 | V3 | V4 | V5 | V6 | V7 | V8 | V9 | V10 | V11 | TOTAL |
| Coerente | X | | X | X | X | X | X | X | | X | X | 9 |
| Incoerente | | X | | | | | | | X | | | 2 |

Fonte: O autor (2023).

5.2.2 Gerenciar o processo essencial

Para alcançar o objetivo desse tópico evidencia-se os princípios da segmentação e do pré-treinamento.

5.2.2.1 Princípio da Segmentação

O princípio da segmentação é diretamente relacionado com o ritmo do estudante. De acordo com esse princípio, o aluno tem maior aproveitamento do conteúdo quando este está segmentado em mais de uma parte. Isso proporciona uma melhor organização ao estudante, uma vez que evidencia os momentos de introdução a um novo conceito. Além disso, caso o aluno não tenha compreendido um conceito adequadamente, a segmentação permite que ele tenha uma noção de que não é proveitoso continuar e, assim, ele pode revisar o conceito antes de prosseguir. Esse princípio é uma técnica de ensino eficaz, uma vez que permite que o estudante gerencie seu próprio ritmo de aprendizagem, otimizando sua compreensão e retenção do conteúdo. (MAYER, 2009).

De maneira geral, as videoaulas analisadas apresentaram falhas em relação ao princípio de fornecer um espaço adequado para o aluno praticar o que foi ensinado. Em especial, foi observado que as videoaulas que continham exercícios para exemplificar o assunto da aula estavam parcialmente ou totalmente insuficientes.

Na videoaula V1, apesar da explicação estar dividida em partes, não é indicado ao estudante que ele faça uma pausa, reflita sobre o conteúdo e verifique se está pronto para avançar para o exercício. Além disso, no exercício, não é solicitado ao estudante que tente resolvê-lo sozinho.

Na videoaula V2, a única pausa ocorreu quando foi solicitado que o aluno tirasse uma captura de tela do quadro.

Na videoaula V4, poderia ter sido solicitado que o aluno tentasse resolver o exercício sozinho antes de iniciar a resolução.

Na videoaula V8, existiu a possibilidade de pedir ao estudante que tentasse balancear os exemplos 2 e 3, pois já teriam uma ideia de como fazer a partir do exemplo 1.

Nas videoaulas V9, V10 e V11, não é solicitado ao estudante que tente resolver sozinho a questão a ser solucionada.

Em relação a esse princípio, é importante notar que todas as videoaulas indicam que existem videoaulas anteriores ou subseqüentes da atual, e que o estudante deve continuar assistindo essa seqüência para compreender o assunto de Cálculo Estequiométrico. No entanto, em nenhuma delas o professor solicita ao estudante que faça uma pausa, reflita sobre o conteúdo e tente realizar questões. Essa é uma abordagem comum em sala de aula, na qual o professor indica

questões específicas para serem resolvidas e apresentadas na aula seguinte, ou indica dúvidas do assunto. Sugerimos que os professores adotem essa prática em suas videoaulas, para proporcionar um espaço adequado para o aluno praticar o que foi ensinado.

As informações apresentadas neste tópico foram organizadas em um quadro síntese para facilitar a visualização dos resultados da análise. Nesse quadro, as videoaulas que estão de acordo com o princípio foram classificadas como coerentes, enquanto aquelas que apresentaram algum tipo de desacordo significativo com a TCAM foram classificadas como incoerentes. Como pode ser visto no quadro 10 a seguir.

Quadro 10 — Resumo dos resultados obtidos a partir das videoaulas

| Videoaulas | | | | | | | | | | | | |
|------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-------|
| Conceitos | V1 | V2 | V3 | V4 | V5 | V6 | V7 | V8 | V9 | V10 | V11 | TOTAL |
| Coerente | | | X | | X | X | X | | | | | 4 |
| Incoerente | X | X | | X | | | | X | X | X | X | 7 |

Fonte: O autor (2023).

5.2.2.2 Princípio do Pré-treinamento

Adaptando um trecho de Mayer (2009) "Uma maneira de ajudar os estudantes a compreenderem um material complexo é proporcionar um pré-treinamento dos nomes e características dos elementos essenciais [...]". O trecho adaptado permite compreender que o objetivo desse princípio é introduzir brevemente o conteúdo a ser abordado, explicando o que o estudante deve saber e o caminho que a videoaula terá, permitindo que o estudante organize suas ideias, melhorando sua aprendizagem.

Todas as videoaulas foram consideradas satisfatórias nesse princípio, ou seja, os professores fizeram uma apresentação prévia do assunto e quais preceitos os estudantes deveriam conhecer para entender o assunto de estequiometria. Semelhante a pesquisa de Cardoso (2014), onde o autor observou que vídeos aprovados por esse princípio tendem a ser vídeos introdutórios de conceitos, no

caso da nossa pesquisa, como a maioria dos vídeos eram introdutórios ao conceito de estequiometria, exceto V4 e V5, onde a videoaula V4 era a resolução detalhada de uma questão sobre rendimento e a videoaula V5 que era uma videoaula de revisão do conteúdo geral. Embora não tivessem a mesma natureza das outras videoaulas, o(a) professor(a) responsável introduziu o que seria explicado, para em seguida, expor o conceito de fato, alertando o aluno para os próximos passos.

Um comentário a ser realizado sobre a videoaula V8, essa aula explica sobre métodos para balancear uma equação química, sendo um deles os métodos "REDOX", o professor indica a aula de eletroquímica, caso o aluno veja necessidade de aprofundar nesse tipo de balanceamento.

As informações apresentadas neste tópico foram organizadas em um quadro síntese para facilitar a visualização dos resultados da análise. Nesse quadro, as videoaulas que estão de acordo com o princípio foram classificadas como coerentes, enquanto aquelas que apresentaram algum tipo de desacordo significativo com a TCAM foram classificadas como incoerentes. Como pode ser visto no quadro 11 a seguir.

Quadro 11 — Resumo dos resultados obtidos a partir das videoaulas

| Videoaulas | | | | | | | | | | | | |
|------------|----|----|----|----|----|----|----|---|----|-----|-----|-------|
| CONCEITOS | V1 | V2 | V3 | V4 | V5 | V6 | V7 | 8 | V9 | V10 | V11 | TOTAL |
| Coerente | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | 11 |
| Incoerente | | | | | | | | | | | | 0 |

Fonte: O autor (2023).

5.2.3 Promoção do processamento criativo

Para alcançar o objetivo desse tópico evidencia-se os princípios da Imagem; Personificação; Voz.

5.2.3.1 Princípio da Imagem

| | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----------|
| Coerente | X | X | | | | X | | | X | | | 4 |
| Incoerente | | | X | X | X | | X | X | | X | X | 7 |

Fonte: O autor (2023).

5.2.3.2 Princípio da Personificação

Conforme Mayer (2009), o processo de aprendizagem do estudante pode ser potencializado quando o professor utiliza a linguagem conversacional em vez da linguagem formal.

A pesquisa de Messer (2019) observou que todas as videoaulas analisadas foram condizentes com o princípio da personificação, e a autora acreditou que a adequação desse princípio contribuiu para o sucesso do canal. De maneira semelhante, nosso estudo analisou onze videoaulas que também estavam de acordo com esse princípio. Esses resultados sugerem que a personificação é uma característica fundamental para que os estudantes se sintam confortáveis e interessados nas aulas, já que os professores utilizam uma linguagem mais coloquial.

Embora o professor de Química precise ter um conhecimento específico da linguagem química, já que essa área envolve uma terminologia técnica e precisa. No entanto, é importante que o professor saiba dosar a quantidade de termos técnicos utilizados durante as aulas, para que os estudantes não se sintam bombardeados por uma linguagem muito complexa e acabem por perder o interesse na matéria. É fundamental que o professor consiga apresentar os conceitos e termos necessários de maneira clara e acessível para os estudantes, para que estes possam aprender a linguagem química sem dificuldade e utilizar essa habilidade em seu próprio benefício, como na leitura e compreensão de textos científicos ou na comunicação com outros profissionais da área.

As informações apresentadas neste tópico foram organizadas em um quadro síntese para facilitar a visualização dos resultados da análise. Nesse quadro, as videoaulas que estão de acordo com o princípio foram classificadas como coerentes, enquanto aquelas que apresentaram algum tipo de desacordo significativo com a TCAM foram classificadas como incoerentes. Como pode ser visto no quadro 13 a seguir.

Quadro 13 — Resumo dos resultados obtidos a partir das videoaulas

| VIDEOAULAS | | | | | | | | | | | | |
|------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-------|
| CONCEITOS | V1 | V2 | V3 | V4 | V5 | V6 | V7 | V8 | V9 | V10 | V11 | TOTAL |
| Coerente | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | 11 |
| Incoerente | | | | | | | | | | | | 0 |

Fonte: O autor (2023).

5.2.3.3 Princípio da Voz

De maneira semelhante ao princípio da imagem, as pesquisas referentes a sua potencialidade são iniciais, mas estavam em estágio mais avançado do que as da imagem. O autor indica que os estudantes tendem a se beneficiar de narração com voz natural, não sendo uma voz sintética, ou seja, produzida artificialmente por programas de recursos sonoros. A utilização da voz natural permitiria uma maior aproximação social entre o estudante e o professor, pois aparenta estar conversando diretamente com outro ser humano (MAYER, 2009, p. 255-260; THEES, 2019).

Em todas as videoaulas o princípio é respeitado e sendo considerado satisfatório, a partir do momento que todos utilizaram de voz humana para narrar as explicações.

5.3 RESUMO DOS DADOS ANALISADOS

A seguir, apresentamos um quadro que sintetiza a representação geral dos resultados obtidos na análise das videoaulas, de acordo com a Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia (TCAM). A primeira coluna, à esquerda, lista os princípios analisados, enquanto a última coluna, à direita, indica o número total de incoerências encontradas para cada princípio da TCAM. As colunas intermediárias correspondem aos vídeos analisados (V1 a V11) e mostram, separadamente, os princípios em que foram encontradas incoerências, indicadas por meio da marcação com "X". Por fim, a última linha do Quadro 14 apresenta o número total de princípios insatisfatórios encontrados em cada vídeo analisado.

Quadro 14 — Resumo dos resultados obtidos a partir das videoaulas

| Princípios | Videoaulas | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| | V 1 | V2 | V3 | V4 | V5 | V6 | V7 | V8 | V 9 | V10 | V11 | TOTAL |
| Sinalização | | | | | | | | | | | | 0 |
| Redundância | | | | | | | | | x | X | X | 3 |
| Coerência | X | X | | | X | X | | | X | x | X | 7 |
| Contiguidade espacial e temporal | | X | | | | | | | X | | | 2 |
| Segmentação | X | X | | X | | | | X | X | X | X | 7 |
| Pré-treinamento | | | | | | | | | | | | 0 |
| Imagem | | | X | X | X | | X | X | | x | X | 7 |
| Personificação | | | | | | | | | | | | 0 |
| Voz | | | | | | | | | | | | 0 |
| Total | 2 | 3 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 4 | 4 | 4 | 26 |

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Com base nos resultados obtidos, verificou-se que três das videoaulas analisadas (V9, V10 e V11) apresentaram incoerências em quatro dos nove princípios da TCAM, enquanto os vídeos V3, V6 e V7 foram considerados os mais satisfatórios, apresentando incoerências em apenas dois dos princípios da TCAM.

A partir da análise dos resultados, foi possível inferir que o vídeo mais visualizado entre os mais satisfatórios (V3, V6 e V7) e os menos satisfatórios (V9, V10 e V11) foi aquele que apresentou a menor quantidade de incoerências, o V6. Além disso, é importante ressaltar que em quatro dos nove princípios analisados (sinalização, pré-treinamento, personificação e voz), todas as videoaulas foram consideradas satisfatórias.

6 CONCLUSÕES

Os professores de Química e outras ciências naturais enfrentam um desafio comum: ensinar conceitos abstratos e garantir a compreensão dos estudantes. Nesse sentido, a utilização de tecnologias digitais da informação e comunicação, como videoaulas, é uma prática bem-vinda para facilitar o processo de ensino-aprendizagem. No entanto, é importante analisar cuidadosamente o material a ser utilizado para maximizar o aprendizado dos estudantes e identificar possíveis obstáculos. Com esse objetivo, realizamos a análise de algumas videoaulas de estequiometria disponíveis na plataforma YouTube, buscando avaliar como esses vídeos se alinham com os princípios da TCAM.

Ao analisar os materiais, a pesquisa constatou que sete das videoaulas estavam em conformidade com a maioria dos princípios da TCAM, apresentando incoerências em um ou dois princípios. Esperava-se que o princípio da coerência não fosse bem atendido, considerando que a plataforma incentiva os professores a criarem sua marca e a divulgarem seus conteúdos para um público mais amplo. Além disso, o princípio da imagem também foi incoerente na maioria das videoaulas, possivelmente porque os produtores focaram na apresentação do conteúdo. O princípio da segmentação também não foi bem atendido, indicando a necessidade de que os professores incentivem os estudantes a tentarem resolver os exemplos de questões, mesmo que não consigam, para que possam perceber onde erraram e aprender a corrigir seus erros. Embora esses pontos não tenham sido atendidos, o material analisado é interessante e atraente para o estudo da química por meio de videoaulas com base na TCAM.

Os resultados obtidos indicam que a Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia (TCAM) é uma ferramenta potencialmente útil para estruturar e analisar as videoaulas selecionadas. Essa teoria se baseia no pressuposto de que a capacidade cognitiva do ser humano é limitada e, portanto, é essencial reduzir a quantidade de informações irrelevantes no processo de ensino-aprendizagem. Como tal, os criadores de conteúdo para videoaulas devem ter conhecimento teórico sobre os princípios que regem a produção dessas multimídias, a fim de aproveitar ao máximo sua potencialidade como ferramenta de facilitação da aprendizagem.

A produção de videoaulas que seguem os princípios da TCAM pode contribuir significativamente para uma educação mais eficiente e eficaz, permitindo que os

alunos assimilem e retenham o conhecimento de maneira mais satisfatória. Ao aplicar os princípios propostos pela teoria de Mayer na produção e seleção de videoaulas, é possível garantir que esses materiais sejam mais eficazes como recursos de apoio e facilitem a aprendizagem dos alunos.

Por fim, os resultados deste estudo ressaltam que nem todas as videoaulas analisadas atendem aos princípios da Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia (TCAM), o que pode limitar sua eficácia como ferramenta de apoio ao ensino-aprendizagem em Química. Assim, é essencial que os criadores de conteúdo para videoaulas possuam conhecimento teórico sobre os princípios que regem a produção dessas multimídias, a fim de utilizar todo o seu potencial para facilitar a aprendizagem dos alunos.

Ademais, este estudo destaca a necessidade de pesquisas mais aprofundadas sobre a utilização de videoaulas no ensino de Química. É necessário compreender melhor como os estudantes selecionam as videoaulas, quais os critérios que utilizam para avaliar sua qualidade e como esses recursos podem ser melhor utilizados para auxiliar no processo de ensino-aprendizagem. Somente assim será possível identificar novas estratégias e recursos para aprimorar a educação e torná-la mais eficiente e eficaz.

Assim, este estudo contribui para um melhor entendimento da utilização de videoaulas como recurso no ensino de Química, além de destacar a necessidade de novas pesquisas nessa área. A partir desses resultados, é possível identificar novas oportunidades para pesquisa e desenvolvimento de novas ferramentas e recursos para aprimorar a educação em Química e em outras áreas do conhecimento.

REFERÊNCIAS

ATKINS, PETER; JONES, LORETTA; LAVERMAN, LEROY. **PRINCÍPIOS DE QUÍMICA - 7.ED.**: QUESTIONANDO A VIDA MODERNA E O MEIO AMBIENTE. BOOKMAN EDITORA, F. 547, 2018. 1094 P.

ARANHA, Carolina Pereira *et al.* O YouTube como Ferramenta Educativa para o ensino de ciências. **Olhares & Trilhas**, [S.I.], v. 21, n. 1, p. 10-25, 2019.

BALADELI, Ana Paula Domingos; BARROS, Marta Silene Ferreira; ALTOÉ, Anair. **Desafios para o professor na sociedade da informação**. Educar em Revista, Curitiba, n. 45, set 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/er/a/nsRDLKVKrdnDm6RQckRscDb/?lang=pt#>. Acesso em: 21 abr. 2023.

BARBOSA, Felipe Fernandes. **ALTERNATIVAS UTILIZANDO TECNOLOGIAS DIGITAIS DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO PARA AULAS DE CIÊNCIAS NO CONTEXTO DE PANDEMIA**. Revista Interdisciplinar em Ensino de Ciências e Matemática (RIEcim), Araguaína, v. 1, n. 1, p. 31-40, 2020.

BARRÉRE, Eduardo. **Videoaulas: aspectos técnicos, pedagógicos, aplicações e bricolagem**. In: JORNADA DE ATUALIZAÇÃO EM INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, n. 3. 2014. Anais [...] [S.I.], 2014. Disponível em: <<http://ojs.sector3.com.br/index.php/pie/article/view/3154/2668>>. Acesso em: 21 abr. 2023.

BEHAR, Patricia Alejandra. **O Ensino Remoto Emergencial e a Educação a Distância**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2020. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/coronavirus/base/artigo-o-ensino-remoto-emergencial-e-a-educacao-a-distancia/>. Acesso em: 21 abr. 2023.

BRITO, Paula Santos. **ESTUDO INVESTIGATIVO DAS DIFICULDADES DE COMPREENSÃO NAS DISCIPLINAS DE QUÍMICA ORGÂNICA NO CAMPUS PROFESSOR ALBERTO CARVALHO -- UFS**. Itabaiana - SE, 2017 Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Federal de Sergipe.

CANZIAN, Renato ; MAXIMIANO, Flávio Antonio . **Alterações nos sistemas em equilíbrio químico**: análise das principais ilustrações presentes em livros didáticos. In: ENEQ. 2010. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3532383/mod_resource/content/1/CanzianMaximiano_ENEQ2010.pdf. Acesso em: 12 mai. 2023.

CARDOSO, Valdinei Cezar. **ENSINO E APRENDIZAGEM DE ÁLGEBRA LINEAR**: ENSINO E APRENDIZAGEM DE ÁLGEBRA LINEAR. Campinas,

2014. 210 p Tese (Doutorado em Ensino de Ciências e Matemática) - Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2014. Disponível em:

https://www.academia.edu/10296807/Ensino_e_aprendizagem_de_%C3%81lgebra_Linear_uma_discuss%C3%A3o_acerca_de_aulas_tradicionais_reversas_e_de_v%C3%ADdeos_digitais. Acesso em: 12 out. 2022.

CARVALHO, Luis Henrique Pereira de; CANDEIAS, Cezar Nonato Bezerra. **O uso de videoaulas como ferramenta no processo de ensino e aprendizagem em química.** In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO E COMUNICAÇÃO - SIMEDUC, n. 7. 2016. 2016. Disponível em: <https://eventos.set.edu.br/simeduc/article/view/3306>. Acesso em: 21 abr. 2023.

COSTA, Ana Alice Farias da; SOUZA, Jorge Raimundo da Trindade. **Obstáculos no processo de ensino e de aprendizagem de cálculo estequiométrico.** Revista de Educação em Ciências e Matemática, v. 10, n. 19, p. 106-116, dezembro 2013. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5870419.pdf>. Acesso em: 21 abr. 2023.

CURCIO, Célia A. Fudaba; SOUZA, Letícia Silva. **O protagonismo do aluno nos processos de aprendizagem:** Estudo de caso. Revista de Investigación Educativa Universitaria, [S.I.], v. 2, n. 74-83, p. 74-83, 2019.

DANTAS, L.; DA SILVA PEREIRA, M.; LOPES TEIXEIRA, R.; REGINA DE OLIVEIRA CASARTELLI, M. **A BUSCA POR VÍDEOSAULAS SOBRE ESTEQUIOMETRIA:** UMA IMPORTANTE ABORDAGEM EM QUÍMICA GERAL. ANAIS DO SALÃO INTERNACIONAL DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, V. 8, N. 2, 28 FEV. 2020.

DEUS, TAISSA TAVARES DE. **ESTRATÉGIAS PARA O ENSINO APRENDIZAGEM DE LIGAÇÕES QUÍMICAS NO ENSINO MÉDIO NO CONTEXTO DE INTERDISCIPLINARIDADE E LUDICIDADE.** Curitiba, 2022 Trabalho de Conclusão de Curso (Química) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2022.

GOMES, Luiz Fernando. **Vídeos didáticos: uma proposta de critérios para análise.** A Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos, v. 89, n. 223, p. 477-492, set./dez 2008.

GOMES, S. R.; DA CRUZ, A. B. G. B.; DE ALMEIDA, E. L.; OLIVEIRA, G. dos S.; DAMASCENO, J. L.; DA SILVA, K. S. Método-didático pedagógico para o ensino de Cálculos estequiométricos / Didactic method for teaching stoichiometric Stoichiometric calculations. **Brazilian Journal of Development**, [S. l.], v. 7, n. 8, p. 85358–85366, 2021. DOI: 10.34117/bjdv7n8-647

KENSKI, Vani Moreira. **Tecnologias e ensino presencial e a distância**. Papyrus Editora, v. 2, f. 80, 2013. 160 p.

LEITE, Bruno Silva. **Tecnologias no ensino de química: passado, presente e futuro**. Scientia Naturalis, Rio Branco, v. 1, n. 3, p. 326-340, 2019.

LEITE, Bruno Silva. **Tecnologias no ensino de química: teoria e prática na formação docente**. Curitiba: Appris, 2015.

LOURDES, Fabíola Damasceno de; BULL, Érika Soares. **A elaboração de paródias no ensino de química**. Brazilian Journal of Development, v. 6, n. 8, p. 55168-55190, 2020. DOI: 10.34117/bjdv6n8-076. Disponível em: <https://brazilianjournals.com/ojs/index.php/BRJD/article/view/14551>. Acesso em: 21 abr. 2023.

LUNA, Ewerton Ávila dos Anjos; LUNA, Maria José de Matos; RODRIGUES, Siane Góis Cavalcanti. **Uma reflexão sobre a videoaula no contexto da EAD**. EUTOMIA: Revista Online de Literatura e Linguística, v. 1, p. 273-285, jul 2011. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/EUTOMIA/article/view/1198>. Acesso em: 21 abr. 2023.

MACHADO, S. et al. **Ensino de Cálculo Estequiométrico a partir de uma perspectiva contextualizada**. In: VII Encontro Paulista de Pesquisa em Ensino de Química, Universidade Estadual do ABC, Paraná, 2013.

MASOLA, Wilson de Jesus; ALLEVATO, Norma Suely Gomes. **Dificuldades de aprendizagem matemática: algumas reflexões**. Educação Matemática Debate, v. 3, n. 7, p. 52-67, 02 janeiro 2019. DOI: <https://doi.org/10.24116/emd.v3n7a03>. Disponível em: <https://www.periodicos.unimontes.br/index.php/emd/article/view/78>. Acesso em: 21 abr. 2023.

MAYER, Richard E.. **Multimedia Learning**. Cambridge University Press, v. 3, 2009.

MENDONÇA, Sara Costa; SILVA, Thiago Pereira da. **DIFICULDADES DE APRENDIZAGEM NO ENSINO DE ESTEQUIOMETRIA: ALGUMAS REFLEXÕES**. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA E ENSINO EM CIÊNCIAS, n. IV. Anais [...] Campina Grande: Realize Editora, 2019. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/56743>. Acesso em: 21 abr. 2023.

MONTEIRO, S. S. **(Re)inventar educação escolar no Brasil em tempos da covid-19**. Revista Augustus, v. 25, n. 51, p. 237-254, jul./out 2020.

MÜLLER, RAFAEL MARQUES. **VÍDEOS DO YOUTUBE SOBRE AS SIMULAÇÕES INTERATIVAS PHET DE QUÍMICA: UMA ANÁLISE SEGUNDO A TEORIA**

COGNITIVA DE APRENDIZAGEM MULTIMÍDIA. Porto Alegre, 2021 Trabalho de Conclusão de Curso (Química) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

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, Porto Alegre, v. 16, n. 2, p. 636-646, 2018. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/renote/article/view/89292>. Acesso em: 21 abr. 2023.

OLIVEIRA, Maria Marly de. **Como fazer pesquisa qualitativa**, f. 91. 2006. 182 p.

PEREIRA, Edilene de Melo *et al.* **Quest das ligações químicas: um jogo didático para o ensino de química**. SCIENTIA NATURALIS, [S.I.], v. 2, n. 2, p. 886-900, 2020.

PEREIRA, Vinicius Carvalho. **UMA PROPOSTA DE INSTRUMENTO DE ROTEIRIZAÇÃO DE VIDEOAULAS À LUZ DA TEORIA INSTRUCIONAL E DA APRENDIZAGEM MULTIMÍDIA**. Texto Livre: Linguagem e Tecnologia, v. 10, n. 1, p. 178-197, 02 mar 2017. Disponível em: <https://www.redalyc.org/journal/5771/577163620012/html/>. Acesso em: 21 abr. 2023.

SANTOS, Vanide Alves Dos *et al.* **O uso das ferramentas digitais no ensino remoto acadêmico: desafios e oportunidades na perspectiva docente**. *In*: CONEDU, n. VII. 2020, Campina Grande: Realize Editora, 2020. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/69166>. Acesso em: 21 abr. 2023.

SANTOS, Éverton da Paz; MELO, Marlene Rios. **MANIFESTAÇÕES INTERPRETATIVAS DE LICENCIANDOS EM QUÍMICA SOBRE CONTEXTUALIZAÇÃO NO ENSINO DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E SOCIEDADE (CTS)**. Revista Exitus, [S.I.], v. 10, 2020. Disponível em: <https://www.redalyc.org/journal/5531/553171468100/movil/>. Acesso em: 21 abr. 2023.

SCHMITT, Camila da Silva; DOMINGUES, Maria José Carvalho de Souza. **Estilos de aprendizagem: um estudo comparativo**. Avaliação: Revista da Avaliação da Educação Superior, Campinas, v. 21, n. 2, p. 361-386, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1414-40772016000200004>>. Acesso em: 21 abr. 2023.

SILVA, Leydiane Viana da Cunha; CANTANHEDE, Leonardo Baltazar; CANTANHEDE, Severina Coelho da Silva. **TECNOLOGIAS DIGITAIS DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO (TDICs) COMO ESTRATÉGIA NO ENSINO DE QUÍMICA: BLOG, UMA FERRAMENTA PARA POTENCIALIZAR O CONHECIMENTO QUÍMICO**. ENCITEC, Santo Ângelo, v. 10, n. 3, p. 57-72, set./dez. 2020.

SILVA, Luana Maria da. **ANÁLISE DE VÍDEOS EDUCACIONAIS DE MORFOLOGIA VEGETAL POR MEIO DA TEORIA COGNITIVA DA APRENDIZAGEM MULTIMÍDIA (TCAM)**. Vitória de Santo Antão, 2022. 39 p Trabalho de Conclusão de Curso (Ciências Biológicas - Licenciatura ou Bacharelado) - Universidade Federal de Pernambuco.

SILVA, Luciano Dias da; LOPES, Maurício Capobianco. **USO DE VIDEOAULAS COMO RECURSO DIDÁTICO: CRITÉRIOS DE ANÁLISE E SELEÇÃO**. Revista Contexto & Educação, [S.l.], v. 36, n. 115, p. 398-415, 2021. DOI: 10.21527/2179-1309.2021.115.10289. Disponível em: <https://revistas.unijui.edu.br/index.php/contextoeducacao/article/view/10289>. Acesso em: 7 out. 2022.

SILVA, ROCHELE DA SILVA. **DIAGNÓSTICO DE DIFICULDADES DE APRENDIZAGEM RELACIONADAS AO ESTUDO DA ESTEQUIOMETRIA COM ALUNOS DO ENSINO MÉDIO DA REDE PÚBLICA ESTADUAL DO RIO GRANDE DO SUL E PROPOSTA DE ESTRATÉGIA DIDÁTICA**. Porto Alegre, 2019 Dissertação (Química) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019.

SILVEIRA, Cristiano Bertulucci. **O Que é Indústria 4.0 e Como Ela Vai Impactar o Mundo**. 2016. Disponível em: <<http://www.citisystems.com.br/indústria-4-0/>>. Acesso em: 21 abr. 2023.

THEES, Andréa. **"Aprendi no YouTube!"**: Investigação sobre estudar matemática com videoaulas. Rio de Janeiro, 2019 Tese (Pós-graduação em Educação) - Universidade Federal do Rio de Janeiro.