

STEM EDUCATION: DEFINIÇÕES DO TERMO E SUA ABORDAGEM NO ENSINO DE QUÍMICA

STEM EDUCATION: DEFINITIONS OF THE TERM AND ITS APPROACH TO TEACHING CHEMISTRY

Aline Lima dos Anjos¹, Michelle Camara Pizzato²


Recebido: maio/2017 Aprovado: abril/2023


Resumo: Para um melhor entendimento sobre os conteúdos de química e sua relação com o cotidiano dos estudantes, devem ser propostas situações em que as aulas ministradas estejam ligadas a situações do mundo real, resolvendo qualquer problema do dia a dia. STEM Education busca quebrar a barreira entre conteúdos disciplinares, fazendo com que os conceitos apresentados na disciplina sejam colocados em prática, promovendo aos estudantes um estudo mais amplo e dinâmico. Este trabalho busca apresentar uma definição conceitual sobre o termo "STEM" e sua relação com o ensino de química. Foi realizada uma pesquisa bibliográfica utilizando os termos "STEM" e "Chemical education", no período de março (2020) a dezembro de 2021, no Portal de Periódicos da Capes, no Educational Resources Information Center (ERIC) e também no periódico Journal of Chemical Education. Dos 609 (seiscentos e nove) artigos encontrados na busca, somente 20 (vinte) foram selecionados para categorização e análise. Através das análises feitas nos artigos em relação a definição do termo STEM, foi possível constatar que o mesmo pode sofrer alterações dependendo do nível de ensino onde é aplicado. O uso de STEM no ensino de química, quer seja segundo qualquer uma das concepções do termo, mostra que o professor pode trabalhar de uma forma individual desde que se relacione a tecnologia ou engenharia aos conteúdos básicos de química.

Palavras-chave: STEM, ensino, química.

Abstract: For a better understanding of chemistry content and its relationship with students' daily lives, situations should be proposed in which the classes taught are linked to real-world situations, solving any day-to-day problem. STEM Education seeks to break the barrier between disciplinary contents, putting the concepts presented in the discipline into practice, promoting a broader and more dynamic study for students. This paper seeks to present a conceptual definition of the term "STEM" and its relationship with chemistry teaching. A bibliographical research was carried out using the terms "STEM" and "Chemical education", from March (2020) to December 2021, on the Capes Portal de Periódicos, on the Educational Resources Information Center (ERIC) and also on the Journal of Chemical Education. Of the 609 (six hundred and nine) articles found in the search, only 20 (twenty) were selected for categorization and analysis. Through the analyzes carried out in the articles in relation to the definition of the term STEM, it was possible to verify that it can change depending on the level of education where it is applied. The use of STEM in chemistry teaching, whether according to any of the concepts of the term, demonstrates that the teacher can work individually as long as technology or engineering is related to the basic contents of chemistry.

Keywords: STEM, education, chemistry.

¹  <https://orcid.org/0000-0001-8834-4518> – Mestranda do Curso de Pós-graduação Educação em Ciências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Rua Guia Lopes, 3070, bloco 15, apto 102, CEP:93415-326, Novo Hamburgo, Rio Grande do Sul, Brasil. E-mail: alineprofquimica8@gmail.com

²  <http://orcid.org/0000-0002-3394-1179> - Doutora em Educação em Ciências pela Universidad de Burgos (UBU). Professora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul – Campus Porto Alegre (IFRS-POA), Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil. Rua Coronel Vicente, 281, Centro Histórico, 90030-041, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil. E-mail: michelle.pizzato@poa.ifrs.edu.br

1. Introdução

A sociedade contemporânea é representada por constantes mudanças, ampla conectividade e alta velocidade em compartilhar informações. Contudo, não é possível afirmar que a escola básica tem conseguido acompanhar toda essa dinamicidade. Sobre a escola, há vários debates com relação a sua contribuição na formação dos estudantes (LOPES *et al.*, 2017), principalmente na área de ensino de ciências e de química.

O ensino de química ainda vem sendo abordado de uma forma tradicional pelos professores, fazendo com que os estudantes não desenvolvam um pensamento crítico a respeito do que estão estudando. Devido a isso, as disciplinas escolares relacionadas à química se tornam cansativas e desinteressantes, pois acabam sendo abordadas de uma forma que os conteúdos trabalhados não se aproximam da realidade dos estudantes. Segundo Gonçalves e Benite (2022), ensinar se tornou uma atividade cada vez mais complexa devido às novas demandas sociais, tecnológicas e a diversidade presente na sala de aula, que muitas vezes não estão alinhadas ao discurso escolar sedimentado durante décadas, cabendo aos professores a procura de novas formas de ensino que valorizem a participação do aluno promovendo formação crítica e autonomia em um ambiente favorável à aprendizagem.

Junto a isso, existe uma preocupação mundial com a redução do interesse dos alunos em escolher carreiras ligadas às ciências exatas. Os órgãos ligados à educação de diversos países observam esta tendência como um problema para o desenvolvimento científico. Para superá-lo, tais órgãos têm proposto várias iniciativas, com o intuito de aumentar o interesse pelas carreiras ligadas às áreas de Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática (Science, Technology, Engineering, and Mathematics – STEM) (HOMA, 2019).

Nesse sentido, segundo Publiese (2020), os sistemas educacionais de diversos países têm se voltado para um formato de educação que enfatiza a Ciência, a Tecnologia, a Engenharia e a Matemática, o chamado STEM Education. Esse novo formato ganhou proporções significativas principalmente nos Estados Unidos. Kenedy e Odell (2014) destacam que melhorar o ensino e a aprendizagem na educação STEM tornou-se um fator econômico em países desenvolvidos, como os da Europa e os Estados Unidos.

Segundo Machado e Júnior (2019), a interdisciplinaridade se mostra como uma forma de construir o ensino de química de maneira mais contextualizada, aproximando a teoria da prática. Conceito e aplicação são de fato essenciais quando se pensa na relação entre a química e as demais áreas nos fenômenos cotidianos. Dessa maneira os autores propõem um recorte interdisciplinar para o ensino de química através de STEM Education, como forma de ampliar os limites das relações interdisciplinares a serem estabelecidas a áreas pré-definidas do conhecimento.

Para um melhor entendimento sobre os conteúdos de química e sua relação com o cotidiano dos estudantes, devem ser propostas situações em que as aulas ministradas estejam ligadas a situações do mundo real, resolvendo qualquer problema do dia a dia. Isto mostra a importância da integração entre as disciplinas, onde um único conceito ou princípio não é suficiente. Para ciência, tecnologia, engenharia e matemática (STEM), diferentes conceitos e

princípios (e sua integração) normalmente estão envolvidos para resolver problemas (CHONKAEW *et al.*, 2019).

STEM busca quebrar a barreira entre conteúdos disciplinares, fazendo com que os conceitos apresentados na disciplina sejam colocados em prática e associados com outras áreas do conhecimento. O uso da STEM promove aos estudantes um estudo mais amplo e dinâmico, pois os mesmos devem utilizar a criatividade, concepções matemáticas e construir objetos usando técnicas inovadoras que facilitarão o processo de ensino e aprendizagem na disciplina de química (LINS *et al.*, 2019).

Mas afinal o que é STEM? A definição de STEM Education ainda não é muito clara e não existe uma universalidade. Apesar de diferentes definições terem sido propostas, ainda é um termo confuso e dúbio (BREINER *et al.*, 2012; BELL, 2016; WONG *et al.*, 2016 apud PUBLIESE¹, 2020).

Considerando o exposto até o momento, este trabalho busca apresentar um levantamento conceitual a respeito da associação dos termos “STEM” e “Educação Química”, com vistas a delinear definições, assim como identificar possíveis atributos (características) que possam servir de embasamento teórico para pesquisadores interessados pelas temáticas e sua relevância no ensino de ciências, particularmente no ensino de química.

2. Referencial teórico

STEM pode ser um movimento de transformação da escola, do currículo e das metodologias de ensino (HOMA, 2019). Entre os estudiosos, está cada vez mais consensuado que não há uma definição a ser pacificamente estabelecida do que significa o termo STEM. Publiese² (2020) afirma que seu significado ainda está em construção, e que o termo é usado de formas diferentes dependendo do contexto em que é aplicado, tais como: metodologia, currículo, currículo interdisciplinar, percepção da função da escola, entre outras.

STEM como metodologia estaria relacionado a tornar as aulas de ciências mais interessantes para os alunos, rompendo o modelo de ensino no qual o aluno recebe o conhecimento de forma passiva, substituindo por um modelo que se propõe a ser ativo e desafiante. Na forma de currículo, se mostra na forma de temas e conceitos que até então não faziam parte do currículo escolar, como por exemplo a inserção de ciências da computação, tecnologia e temas relacionados à engenharia e ao mercado de trabalho. Como currículo interdisciplinar, se apresenta de uma maneira integrada como se STEM fosse um único bloco de currículo escolar, onde os alunos enxergariam a conexão com várias disciplinas. Por fim, STEM associado à percepção da função da escola é apresentado como benefício para melhorar a sociedade, ao promover habilidades aos estudantes que irão servir ao mercado de trabalho.

A educação STEM se caracteriza pelo rompimento com o ensino tradicional passivo de ciências, no qual o aluno pouco interage com o objeto de estudo e não vê conexões com o mundo real. Frequentemente, os programas educacionais STEM, tanto governamentais quanto não governamentais, defendem que STEM Education é uma forma libertadora de ensino, que substitui os modelos tradicionais, tornando a aprendizagem mais participativa (PUBLIESE, 2020).

É uma abordagem educacional que se concentra na inovação e funciona de forma interdisciplinar entre ciência, tecnologia, engenharia, matemática, aplicável a todos os níveis de educação desde a educação pré-escolar até o doutorado (SUME e CALISICI, 2016).

3. Metodologia

A literatura foi coletada no período de março de 2020 até dezembro de 2021, optou-se pela busca de artigos nacionais e internacionais no Portal de Periódicos da Capes, no Educational Resources Information Center (ERIC) e também no periódico Journal of Chemical Education. Foram utilizados como termos de busca simultâneos “STEM” e “Chemical Education”. Como ferramentas de refinamento de busca, optou-se por periódicos revisados por pares e artigos com data de publicação entre 2010 e 2021, e foram marcados os seguintes termos para refinar a busca: chemistry, Stem education, Science Education e Education. No periódico Journal Chemical Education, não é possível fazer este tipo de refinamento, somente pela data de publicação.

Sobre os artigos assim selecionados (554), fez-se a busca dos termos principais na integralidade de cada texto, a fim de retirar do estudo aqueles que apenas citavam os termos, sem apresentar qualquer definição, caracterização ou algum estudo relacionado ao ensino de química e ao termo STEM. Por fim, sobre os artigos que permaneceram (20), foi realizada uma análise do conteúdo com vistas a identificar definições e atributos para os termos principais. É importante destacar que, mesmo se tratando de uma pesquisa de caráter qualitativo, vamos analisar alguns resultados quantitativos para fins de complementação da análise.

Os trabalhos foram lidos na íntegra e organizados em categorias, sendo algumas definidas a priori (ano de publicação, autores, país, definição do termo STEM, público alvo) enquanto outras surgiram a partir da análise dos dados (conteúdos e estratégias/recursos didáticos). Para melhor visualização, os resultados foram organizados em tabelas.

4. Resultados e Discussão

Primeiramente, cabe-nos ressaltar a quantidade de artigos encontrados que continham os termos: de um total de 554 (quinhentos e cinquenta e quatro) artigos, após a leitura dos trabalhos na sua integralidade, verificou-se que apenas 20 (vinte) continham assuntos relacionados à educação em química e ao termo STEM. Os trabalhos selecionados corresponderam à combinação das palavras-chave “STEM”, o descritor “and” e o termo “chemical education”, dos quais 8 (oito) trabalhos pertencem ao Portal de Periódicos da CAPES, 6 (seis) pertencem a base de dados do Journal Chemical Education e 6 (seis) pertencem a base de dados do ERIC. Com relação aos idiomas, todas as publicações dos artigos estavam no idioma inglês.

Posteriormente, serão apresentadas as principais categorias que foram analisadas nos artigos, de forma a proporcionar reflexões para a compreensão do termo STEM e sua aplicação no ensino de química. A discussão em relação às categorias se dá no formato de subseções, porém algumas categorias foram agrupadas para melhor fundamentar a análise.

4.1 Identificação dos trabalhos e definição do termo STEM

Em relação ao ano de publicação (Tabela 1), a maior ocorrência está entre 2019 e 2020 (quatro artigos em cada ano). Os demais anos foram 2010 e 2012 (um artigo em cada ano), 2013 (dois artigos), 2014 (três artigos) e 2015 e 2017 (um artigo em cada ano), 2018 e 2021 (dois artigos em cada ano). Como podemos perceber, os estudos a respeito de STEM e o ensino de química parecem estar em evolução, ocorrendo um pequeno aumento das publicações no decorrer nos anos. Contudo, o reduzido número de publicações também indica haver possibilidade de pesquisa sobre essas temáticas associadas. Com relação aos países onde os estudos foram realizados, somente os artigos 13 (treze), 16 (dezesesseis), 18 (dezoito) e 19 (dezenove) tem origem da Tailândia, Canadá, México e Alemanha respectivamente. O restante dos artigos analisados, os estudos foram feitos nos Estados Unidos.

Tabela 1 - Identificação dos trabalhos, definição do termo e forma de aplicação de STEM

Artigo	Autor	Ano	Definição do termo STEM	Forma de aplicação STEM
1	Basu-Dutte e Slappey	2010	Currículo interdisciplinar	Atividade extracurricular
2	Gentile <i>et al.</i>	2012	Currículo interdisciplinar	Curso integrado ao currículo
3	Quarless e Nieto	2013	Currículo interdisciplinar	Curso integrado ao currículo
4	Hernandez <i>et al.</i>	2013	Currículo	Atividade extracurricular
5	Murray <i>et al.</i>	2014	Currículo interdisciplinar/ Metodologia	Atividade extracurricular
6	Supalo, Hill e Larrick	2014	Percepção da função da escola	Atividade extracurricular
7	Marle <i>et al.</i>	2014	Metodologia	Atividade extracurricular
8	Donnelly <i>et al.</i>	2015	Percepção da função da escola/ currículo interdisciplinar	Atividade extracurricular
9	Gupta <i>et al.</i>	2017	Percepção da função da escola	Atividade extracurricular
10	Ramachandran, Sparck e Fitzgerald	2018	Metodologia	Curso integrado ao currículo
11	Barrett <i>et al.</i>	2018	Metodologia	Curso integrado ao currículo
12	Burrows <i>et al.</i>	2019	Currículo/ Metodologia	Curso integrado ao currículo

13	Chonkaew; Sukhummek e Faikhamta	2019	Metodologia	Curso integrado ao currículo
14	Schultz e Snyder	2019	Currículo/Percepção da função da escola	Atividade extracurricular
15	Mutambuk <i>et al.</i>	2019	Currículo	Curso integrado ao currículo
16	Soong <i>et al.</i>	2020	Currículo	Atividade extracurricular
17	Willison <i>et al.</i>	2020	Percepção da função da escola	Atividade extracurricular
18	Cordova e Peña	2020	Currículo	Atividade extracurricular
19	Rogosic <i>et al.</i>	2021	Currículo	Curso integrado ao currículo
20	Greer <i>et al.</i>	2021	Currículo interdisciplinar	Atividade extracurricular

Fonte: Autora.

Em relação à definição do termo STEM (Tabela 1), os artigos foram analisados conforme a definição de Publiese² (2020, p. 15-17), onde sete apresentaram o termo como currículo, seis como currículo interdisciplinar, seis como metodologia, e cinco como percepção da função da escola. Em alguns artigos, foi identificada mais de uma definição para o termo, como no artigo de Donnelly *et al.* (2015), no qual os autores descrevem uma proposta para aumentar a alfabetização científica dos estudantes através de um currículo interdisciplinar e ao mesmo tempo inspirá-los a buscar carreiras científicas nas áreas STEM. O artigo de Schultz e Snyder (2019) possui a mesma característica, mas os estudantes participaram de uma atividade imersiva, onde seriam engenheiros por um dia. Os artigos de Murray *et al.* (2014) e de Burrows *et al.* (2019), o termo se apresenta na forma de currículo interdisciplinar e currículo respectivamente, utilizando metodologias ativas de ensino para aplicação no processo de aprendizagem.

STEM aplicado de uma forma interdisciplinar, nos mostra uma característica importante nos estudos realizados por Basu-Dutt, Slappey e Bartley (2010) e Murray *et al.* (2014). Eles destacam que considerar abordagens interdisciplinares aumenta o senso de comunidade dos alunos, auxiliando os mesmos a fazerem conexões com as outras disciplinas, cruzando as fronteiras disciplinares do ensino tradicional. Nos artigos de Gentile *et al.* (2012) e Quarles e Nieto (2013), é ressaltada a importância de construir uma abordagem interdisciplinar em uma comunidade escolar, pois auxilia os estudantes a uma melhor compreensão dos conteúdos que estão sendo aplicados, melhorando de forma significativa o processo de aprendizagem. No artigo de Greer *et al.* (2021), ele destaca a importância onde os estudantes entendam os conceitos fundamentais de química, física e matemática, através dos experimentos realizados com materiais poliméricos.

Nos artigos em que foi possível caracterizar a definição de STEM como metodologia, foi observado o uso de metodologias ativas, como a aprendizagem baseada em problemas e Processo de Aprendizagem Orientado por Investigação Guiada (POGIL). A respeito da forma como as atividades STEM foram aplicadas (Tabela 1), constatou-se que ele poderia ser usado como atividades extracurriculares propostas em seminários científicos, projetos de pesquisa, workshops, curso de extensão, ou cursos e atividades integradas a uma disciplina específica.

4.2 Público alvo

A concepção de STEM possui algumas particularidades, em relação ao nível de ensino que está sendo aplicado e enfoques diferenciados. Dos trabalhos analisados, apresentados na Tabela 2, 9 (nove) artigos foram aplicados em estudantes de graduação, 9 (nove) em ensino médio e 2 (dois) no ensino fundamental. Na graduação, os objetivos com a aplicação de STEM eram aumentar o interesse dos alunos pelas ciências, principalmente em disciplinas introdutórias, para não ocasionar a desistência do curso, e inovar a instrução de ensino para obter melhores resultados na aprendizagem. Outro objetivo almejado era a preparação dos estudantes para o mercado de trabalho, a fim de que pudessem debater sobre os conceitos de ciências e pesquisa, e pensar mais criticamente sobre a relevância dos mesmos para sua carreira profissional.

No ensino médio, o objetivo da aplicação de uma proposta STEM estava associado a envolver nas disciplinas de ciências e mostrar sua importância, tanto nas questões científicas e sociais. Além disso, de acordo com o artigo de Hernandez *et al.* (2013), também buscam preparar os estudantes de ensino médio, para que alcancem uma proficiência maior em matemática e ciências, aumentando assim sua síntese cognitiva para terem avanços nas áreas de tecnologia e engenharia.

Segundo Chonkaew; Sukhummek e Faikhamta (2019), os estudantes que tiveram contato com as disciplinas de ciências durante o ensino médio de uma forma inovadora e conseguiram compreender de uma forma a real importância desses conceitos e suas aplicações no cotidiano, são mais propensos a continuar seus estudos na universidade às áreas ligadas a STEM. Este dado nos mostra a importância que uma abordagem em STEM pode influenciar na escolha da carreira dos estudantes.

No nível fundamental, segundo Gupta *et al.* (2017), a intenção desses programas é familiarizar os alunos com o ambiente universitário e combinar conteúdo STEM com aprendizagem baseada em problemas. Dessa forma, incentiva o interesse dos estudantes em assuntos relacionados aos conteúdos STEM, em uma idade mais jovem, tornando mais fácil o interesse e exploração desses assuntos fora da sala de aula, promovendo assim o interesse nas ciências em carreiras futuras. Segundo Rogosic *et al.* (2021), os efeitos da introdução de novos métodos de ensino mais envolventes e divertidos para os alunos do ensino fundamental apresentaram melhores resultados de aprendizagem, aumentar a colaboração e o engajamento das turmas onde tais métodos foram implementados

4.3 Conteúdos abordados

Em relação aos conteúdos abordados (Tabela 2), percebe-se que vários artigos trabalharam com conteúdo de biologia, física, matemática, engenharia e tecnologia de forma

integrada com a química. Os artigos de Quarless e Nieto (2013), Marle *et al.* (2014), Donnelly *et al.* (2015), Burrows *et al.* (2019) apresentaram conteúdos de química e biologia trabalhados de forma integrada, como por exemplo o conceito de termoquímica, que foi escolhido para ser relacionado com o conceito de respiração celular. Os trabalhos de Basu-Dutt e Slaphey (2010), Hernandez *et al.* (2013), Barrett *et al.* (2018), Schultz e Snyder (2019), tinham conteúdos relacionados a física, matemática e engenharia, como vetores, integrais e derivadas, velocidade; especificamente na área de engenharia eram trabalhados cinética de produtos químicos e reatores, projeto para construção de microchip, construção de foguetes, e outros conceitos de engenharia associados a reações químicas e fluxo de fluídos. Nos conteúdos de química foram encontrados temas como: termoquímica, cinética, equilíbrio químico, teoria ácido-base, propriedades de polímeros, cromatografia, estequiometria e reações orgânicas (transesterificação) e química do solo.

Nos artigos que eram apresentados somente conteúdo específicos de química, a abordagem em STEM geralmente estava relacionada ao projeto de engenharia relacionado ao experimento químico. Por exemplo, no artigo de Chonkaew; Sukhummek e Faikhamta (2019), a reação exotérmica de gás hidrogênio e gás oxigênio serviu para construção de um dispositivo útil (uma ferramenta automática para enviar corda aos bombeiros) utilizando da energia gerada dessa reação química. No artigo de Supalo, Hill e Larrick (2014) as atividades práticas foram aplicadas utilizando um software chamado Sci-Voice Talking LabQuest. Já no artigo de Mutambuk *et al.* (2019), o conteúdo de química analítica foi associado a nanotecnologia.

Estes dados apontam que os conteúdos das ciências básicas, como por exemplo a química, podem ser aplicados associados a alguma tecnologia ou projeto de engenharia, de modo que o professor pode trabalhar de uma forma individual na sua área de conhecimento específico. Outro aspecto importante a ressaltar é a grande diversidade de conteúdos de química, não sendo identificada predominância dos três níveis de compreensão do conhecimento químico (macroscópico, submicroscópico e simbólico), ou de áreas do conhecimento químico específicas (química orgânica, inorgânica, físico-química).

4.4 Estratégias e recursos didáticos

Em relação recursos didáticos analisados nos artigos para abordagem STEM, foram usados recursos tecnológicos, como simuladores de computador, laboratórios virtuais, e softwares para auxiliar alunos com problemas visuais a utilizar equipamentos de laboratório. Também foram utilizadas atividades experimentais, como por exemplo cromatografia, eletroforese, produção de biodiesel entre outros recursos relacionados na Tabela 2. Nos artigos de Gentile *et al.* (2012), Quarless e Nieto (2013), Supalo, Hill e Larrick (2014), Ramachandran, Sparck e Fitzgerald (2018), e Barrett *et al.* (2018), recursos tecnológicos como atividades em laboratórios virtuais, simuladores de reatores de engenharia, modelo de simulação em computador baseado em agentes de resistência a antibióticos, e dispositivos de voz conectados a equipamentos de laboratórios, foram usados para facilitar a aprendizagem dos conteúdos de química.

Entre as estratégias citadas nos artigos, percebemos que os conteúdos foram trabalhados na forma de cursos de extensão, projetos de pesquisa relacionados a engenharia, seminário

científicos, ensino híbrido e abordagem de processos industriais relacionada com o ensino de química.

Nos artigos de Basu-Dutt, Slappey e Bartley (2010), Hernandez *et al.* (2013), e Chonkaew; Sukhummek e Faikhamta (2019), a proposta utilizada para abordagem dos conteúdos envolvia os estudantes em projetos relacionados a engenharia. Segundo Basu-Dutt, Slappey e Bartley (2010), as atividades propostas permitiram que os estudantes apreciassem a aprendizagem por investigação, e também as atividades práticas envolvidas nos projetos, onde os conteúdos de química se tornam mais relevantes e de fácil entendimento. Nos artigos de Hernandez *et al.* (2013) e Chonkaew; Sukhummek e Faikhamta (2019), é ressaltado que as atividades de aprendizagem baseadas na vida real auxiliam a perceber a importância do ensino de ciências para a formação dos estudantes de ensino médio.

Nos artigos Gupta *et al.* (2017), Burrows *et al.* (2019) e Schultz e Snyder (2019), as estratégias foram atividades práticas relacionadas a temas do cotidiano, como produção de biodiesel e sua relação com a biologia e a química, análises de resíduos de pesticidas em plantas e síntese de nanopartículas de ouro e fabricação de alimentos. Já nos artigos Marle *et al.* (2014) e Schultz e Snyder (2019), os estudantes se envolveram em atividades imersivas, em contextos industriais, como investigação de fraude em uma fábrica de chocolates, onde realizaram atividades investigativas em conceitos de química, engenharia e tecnologia, e também como se fossem engenheiros por um dia, onde tinham que resolver problemas experimentais em escalas industriais.

Algumas metodologias ativas também foram utilizadas, como: Processo de Aprendizagem Orientado e Guiado por Questões (POGIL) e aprendizagem baseada em problemas.

Tabela 2 - Público alvo, conteúdos abordados, estratégias e recursos didáticos

Artigo	Público Alvo	Conteúdos abordados	Estratégias / Recursos didáticos
1	Graduação	Química: matéria e energia, termoquímica, reações redox. Física: Medidas, leis dos gases, propriedades dos materiais, termodinâmica e calorimetria. Engenharia: construção de foguetes, reação de combustão, estrutura e propriedades de polímeros.	Seminário sobre Ciência Espacial realizando conexão com as áreas STEM de forma interdisciplinar, através atividades orientadas por investigação. Elaboração de um projeto para construção de um modelo de foguete.
2	Graduação	Química: cinética, termodinâmica, equilíbrio químico Biologia: evolução; seleção natural e artificial; Estrutura do DNA, mutação, replicação.	Curso sobre Ciência interdisciplinar onde os temas abordados foram a resistência de antibióticos e sinalização/comunicação celular em processos inflamatórios. Foi dividido em dois momentos onde no primeiro os alunos foram apresentados a conceitos chaves

		Física: Vetores, Leis de Newton, deslocamento, velocidade Matemática: integrais e derivadas Ciências da Computação: programação orientada de objetos	das disciplinas e suas correlações. No segundo momento foi usado um modelo de simulação em computador baseado em agentes de resistência a antibióticos e atividades práticas, como cultivo de células e eletroforese.
3	Graduação	Química: Termoquímica Biologia: fotossíntese, respiração celular	Estudo interdisciplinar propôs o uso da estrutura híbrida do curso, através de um sistema de gestão de aprendizagem, interconectando biologia e química através de tarefas de investigação, com recursos de laboratórios virtuais e contextos científicos. Projeto de pesquisa para construção de um microchip biossensor de silício, que medirá quais substâncias químicas específicas são essenciais para o desenvolvimento do cérebro. Participação dos Alunos dos cursos de biologia física e química em um seminário científico interdisciplinar. Os alunos foram divididos em grupos para atividades de investigação guiada, inspiradas no Processo de Aprendizagem Orientado por Investigação Guiada (POGIL), além de atividades práticas.
4	Ensino médio	Ciências, matemática, engenharia, tecnologia.	Projeto(workshop) criado para reforçar a força de trabalho STEM para aluno com dificuldade visual, utilizando o software Sci-Voice Talking LabQuest (computador portátil) onde ele faz leituras e relata o que os resultados dos equipamentos. Também foram desenvolvidas atividades práticas táteis sobre polímeros. Recursos didáticos: atividade prática, utilização de software labquest.
5	Graduação	Enovelamento de proteínas em uma abordagem para os conteúdos de química, física e biologia.	Através de um cenário imersivo, foi simulado uma investigação de espionagem em um cenário industrial de uma fábrica de chocolates, utilizando a aprendizagem baseada em
6	Ensino médio	Química: teoria ácido e base e estudo sobre as propriedades dos polímeros	
7	Ensino médio	Química e biologia: Análise de cadeia de DNA, cromatografia, análise de compostos químicos em chocolate	

		Tecnologia: Codificação das barras de chocolate e robótica (construção de um robô LEGO)	problemas. Foram abordadas atividades práticas e teóricas.
8	Ensino médio	Química: Teoria ácido-base. Biologia: fisiologia e microbiologia.	Estimular a curiosidade dos alunos do ensino médio em Campos STEM, através de atividades práticas aulas expositivas em biologia e química. Workshop sobre aplicação de reações químicas em ciência de alimentos e fatores que influenciam as taxas de reação, a importância do controle no processo de fabricação de alimentos (formação de esferas e espaguete), utilizando aprendizagem baseada em atividades.
9	Ensino fundamental	Química dos alimentos e fabricação de alimentos.	Utilizado um programa chamado Journal of Visualized Experiments (JoVE), onde são abordados conceitos sobre química e experimentos, elucidando para os estudantes as implicações e a relação do conteúdo estudado com o mundo real.
10	Graduação	Química/Química geral: entalpia, entropia, Princípio de Le Châtelier.	Estudo explorou uma engenharia química aprimorada por RM (realidade mista) em laboratório. A atividade foi projetada para ajudar os alunos entenderem melhor a engenharia de um reator e cinética química.
11	Graduação	Química e engenharia: Cinética de produtos químicos em reatores.	Aulas sobre biodiesel, origem e produção relacionando os conteúdos de biologia e química.
12	Ensino médio	Biologia: algas bioquímicas Química: reações de transesterificação.	Foram realizadas atividades práticas para produção de biodiesel, e também atividades por meio de aprendizagem baseada em problemas. Atividade prática onde foram usados Produtos químicos e materiais simples para determinar o volume estequiométrico da reação exotérmica de gás hidrogênio e gás oxigênio.
13	Ensino médio	Química: Determinação de mols estequiométricos. Engenharia	Construção de um dispositivo útil utilizando a energia gerada da reação química anterior.

14	Ensino médio	Conceitos de engenharia associados a reações químicas e ao fluxo de fluidos.	O curso engenheiro por um dia, focado em quais complicações podem ocorrer nas reações químicas relacionada ao fluxo de fluídos, quando feitas em laboratório em uma pequena escala e depois aplicadas em grande escala em uma indústria. Modificação dos experimentos tradicionais de química analítica para aplicação em pesquisas autênticas, incorporando problemas do mundo real.
15	Graduação	Química analítica (espectroscopia UV e cromatografia) aplicado em nanotecnologia.	O curso foi dividido em dois momentos: experimento para síntese de nanopartículas de Au, e pesquisa de resíduos de pesticidas em plantas. Construção de um dispositivo Arduino simples onde pode se captar imagens térmicas de reações endo e exotérmicas.
16	Graduação	Conceitos sobre termodinâmica	Projeto onde os estudantes coletavam amostras de solos para determinação matéria orgânica, inorgânica, % de água e pH, estimulando os mesmos para questões ambientais
17	Ensino médio	Química do solo	Oficina para construção de um carro alimentado por células galvânicas, onde a distância do mesmo é controlada pela reação que ocorre em um relógio de vitamina C.
18	Graduação	Cinética química e conceitos básicos de eletrônica	Foi projetado um kit científico compostos por blocos semelhantes a Lego, onde os estudantes poderiam trabalhar vários projetos científicos (gerador de gotículas, câmara de mistura e visualização..)
19	Fundamental / ensino médio	Ciência, tecnologia, engenharia	

20	Ensino médio	Química, física, matemática, engenharia	Este projeto detalha experimentos liderados por alunos que combinam princípios de física e química para fabricar bolas de silicone e analisar as relações mecanoquímicas resultantes nesses materiais elastoméricos.
----	--------------	---	--

Fonte: Autora.

5. Considerações Finais

Através das análises feitas nos artigos em relação a definição do termo STEM, foi possível constatar que a mesma é escolhida dependendo do nível de ensino em que está sendo aplicado. Em relação a sua aplicação nos diferentes níveis de ensino, em sua maioria tratavam sobre alunos de ensino médio e graduação. O pequeno número de trabalhos para Ensino Fundamental supõe-se que seja devido à falta de preocupação com a educação profissional neste nível de ensino.

As estratégias de ensino estavam relacionadas geralmente às metodologias ativas, onde são oferecidas possibilidades de aprendizagem que utilizam diferentes ferramentas tecnológicas disponíveis, promovendo a compreensão de conceitos científicos e aprimorando suas habilidades nas áreas relacionadas a STEM.

A respeito dos níveis de compreensão dos estudantes na química, em relação a STEM, o fato de não ser encontrada nos trabalhos analisados uma clara demarcação ou exigência de um determinado nível de compreensão ou uma área de conhecimento específico na química é um indicativo de que, como metodologia, ele pode ser bastante útil para o desenvolvimento da compreensão dos conteúdos da química nos três níveis de compreensão.

Através dos dados obtidos na análise dos artigos, podemos identificar que uma proposta de ensino se enquadra em STEM, quando estiver relacionada a um conteúdo específico, desde que esteja vinculado a estratégias e recursos didáticos associados a tecnologia e/ou engenharia, e não necessariamente precisa estar relacionado a todas disciplinas que significa o acrônimo STEM (ciência, engenharia, tecnologia e matemática). Em outras palavras, a adoção de STEM no ensino de química, quer seja segundo qualquer uma das concepções do termo, abre o espaço para o professor trabalhar de uma forma individual desde que se relacione a tecnologia ou engenharia aos conteúdos básicos de química. Deste modo, STEM se mostra como uma possibilidade para o professor inovar no ensino, sem a obrigatoriedade de produção coletiva exigida por muitas abordagens interdisciplinares.

6. Referências

BARRETT, R. *et al.* Social and Tactile Mixed Reality Increases Student Engagement in Undergraduate Lab Activities. **Journal of Chemical Education**, v.95, n.10, p.1755 – 1762, 2018.

BASU-DUTT, S.; SLAPPEY, C.; BARTLEY, J. K. Making Chemistry Relevant to the Engineering Major. American Chemical Society and Division of Chemical Education. **Journal of Chemical Education**, v. 87, n. 11, p.1206-1212, 2010.

BURROWS, A.C. *et al.* Biodiesel and Integrated STEM: Vertical Alignment of High School Biology/Biochemistry and Chemistry. **Journal of Chemical Education**, v.91, n.9, p.1379-1389, 2014.

CORDOVA, A.J.; PEÑA, O.I.G. Enhancing Student Engagement with a Small-Scale Car That Is Motion-Controlled through Chemical Kinetics and Basic Electronics. **Journal of Chemical Education**, v.97, p.3707-3713, 2020.

CHONKAEW, P.; SUKHUMMEK, B.; FAIKHAMTA, C. STEM Activities in Determining Stoichiometric Mole Ratios for Secondary-School Chemistry Teaching. **Journal of Chemical Education**, v.96, p.1182-1186, 2019.

DEWILDE, J.F. *et al.* Evaluating Large-Scale STEM Outreach Efficacy with a Consistent Theme: Thermodynamics for Elementary School Students. **ACS Omega**, v.4, n.2, p.2661-2668, 2019.

DONNELLY, J.; DIAZ, C.; HERNANDEZ, F. OCTET and BIOTEC: A Model of a Summer Intensive Camp Designed To Cultivate the Future Generation of Young Leaders in STEM. **Journal of Chemical Education**, v. 93, n. 4, p. 619-625, 2015.

GENTILE, L. *et al.* Challenging Disciplinary Boundaries in the First Year: A New Introductory Integrated Science Course for STEM Majors. **Journal of College Science Teaching**, v.41, n. 5, p.44-50, 2012.

GONÇALVES, D.C.; BENITE, C.R.M. Metodologia ativa e robótica educacional: uma proposta para o estudo do sistema solar. **ENCITEC - Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista**. v.12, n. 3, p. 149-163, set./dez. 2022.

GREER, A.H. *et al.* Design of a Guided Inquiry Classroom Activity to Investigate Effects of Chemistry on Physical Properties of Elastomers. **Journal Chemical Education**, v.98, p.915-923, 2021.

GUPTA, A. *et al.* Introducing Chemical Reactions Concepts In K-6 Through Hands-On Food Spherification And Spaghetti-fication Experiment. **Journal of STEM Education**. v. 18, n.1, p.6-10, 2017.

HERNANDEZ, P.R. *et al.* Connecting the STEM dots: measuring the effect of an integrated engineering design intervention. **International Journal Technology and Design Education**, v.24, p.107-120, 2013.

HOMA, A.I.R. Simuladores Robóticos na Educação STEM. **Acta Scientiae**. v. 21, n. 5, p.178-191, Canoas, 2019.

KENNEDY, T.J.; ODELL, M.R.L. Engaging Students In STEM Education. **Science Education International** v. 25, n.3, 2014, p.246-258.

LINS.F.A.V. *et al.* O uso da metodologia STEM (science, technology, engineering and mathematics) no ensino de química: uma proposta à ser aplicada. **VI Congresso Nacional de Educação-CONEDU**, Fortaleza, 2019.

LOPES, T.B. *et al.* Atividade de campo e STEAM: Possíveis interações na construção de conhecimento em visita ao Parque Mãe Bonifácia em Cuiabá -MT. **Revista REAMEC**, Cuiabá - MT, v. 5, n. 2, 2017.

MACHADO, E.S.; JUNIOR, G.G. Interdisciplinaridade na investigação dos princípios do STEM/STEAM education: definições, perspectivas, possibilidades e contribuições para o ensino de química. **Scientia Naturalis**, Rio Branco, v. 1, n. 2, p. 43-57, 2019.

MARLE, P.D. *et al.* CSI-Chocolate Science Investigation and the Case of the Recipe Rip- Off: Using an Extended Problem-Based Scenario To Enhance High School Students' Science Engagement. **Journal of Chemical Education**, v. 91, p.345-350, 2014.

MOREIRA, M. A. O ensino de STEM (Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática) no século XXI. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v.11, n.2, 2018.

MUTAMBUKI, J.M. *et al.* Integrating Authentic Research Experiences into the Quantitative Analysis Chemistry Laboratory Course: STEM Majors' Self-Reported Perceptions and Experiences. **Journal Chemical Education**, v.96, n.8, p.1591-1599, 2019, 96, 8,

MURRAY, J.L. *et al.* A Novel Interdisciplinary Science Experience for Undergraduates Across Introductory Biology, Chemistry, and Physics Courses. **Journal of College Science Teaching**, v.43, n.6 p.46-51, 2014.

PUBLIESE¹, G.O. STEM EDUCATION – um panorama e sua relação com a educação brasileira. **Currículo sem Fronteiras**, v. 20, n. 1, p. 209-232, 2020.

PUBLIESE², G.O. Um panorama do STEAM education como tendência global.In: BACICH, L.; HOLANDA, L. **STEAM em sala de aula: a aprendizagem baseada em projetos integrando conhecimentos na educação básica**. Porto Alegre: Penso, 2020.p.13-27.

QUARLES, D e NIETO, F. Exploring hybrid instruction in science: Using lms for contextual, interdisciplinary active learning enrichment. **Journal of Educational Technology Systems**, v. 41, n.3, p. 279-292, 2013.

RAMACHANDRAN, R.; SPARCK, E.M.; FITZGERALD, M.M.L. Investigating the Effectiveness of Using Application-Based Science Education Videos in a General Chemistry Lecture Course. **Journal of Chemical Education**, v. 96, n.3, p. 479-485, 2019.

ROGOSIC, R. *et al.* Modular Science Kit as a support platform for STEM learning in primary and secondary school. **Journal of Chemical Education**, v. 98, p. 439-444, 2021.

SILVA, P. **Uso do programa STEM como alternativa de aprendizagem para alunos de 9º ano em Escola Pública e Privada da rede de ensino de Joinville - Santa Catarina**. Trabalho de conclusão de curso(especialização) - Universidade Federal de Santa Catarina. Campus Joinville. Ciência e Tecnologia, 2017.

SOONG, R. *et al.* Exploring the Maker Culture in Chemistry: Making an Affordable Thermal Imaging System for Reaction Visualization. **Journal of Chemical Education**, v.97, n.10, p.3887-3891, 2020.

SUMEN.O.O.; CALISICI. H. The Associating Abilities of Pre-Service Teachers Science Education Program Acquisitions with Engineering According to STEM Education. **Journal of Education and Practice**, Vol.7, No.33, 2016.

SUPALO, C.A.; HILL, A.A.; LARRICK, C.G. Summer Enrichment Programs To Foster Interest in STEM Education for Students with Blindness or Low Vision. **Journal of Chemical Education**, v.91, n.8, p.1257-1260, 2014.

WILLISON, D.; DAVIDSON, C.M.; SCOTT, F.J. How Safe Is Your Playground? Analyzing Soil in Scottish Schools through a University Outreach Project. **Journal of Chemical Education**, v.97, p.4321-4329, 2020.