

Ensino

Equilíbrio químico: tendências do ensino e aprendizagem em publicações científicas a partir da análise de periódicos nacionais e internacionais

Chemical balance: teaching and learning trends in scientific publications based on the analysis of national and international journals

Daniel de Lima Silva ¹ , Ana Carolina Gomes Miranda ¹ ,
Sandra de Oliveira Franco-Patrocínio ¹ 

¹ Universidade Federal de Ouro Preto, Departamento de Química, Ouro Preto, MG, Brasil

RESUMO

O processo de ensinar e aprender conceitos relacionados ao Equilíbrio Químico (EQ) vem se mostrando desafiador em todos os níveis da educação. A presente investigação tem como objetivo identificar as tendências de ensino e aprendizagem relacionadas ao tema. Para isso, foi realizada uma pesquisa de caráter bibliográfico, empregando da análise de artigos publicados em periódicos nacionais e internacionais da área do ensino de Química e Ciências durante o período compreendido entre 2001-2021. Os resultados revelaram as principais concepções alternativas dos estudantes e algumas das tendências que marcaram os estudos nessa área, tais como predominância da abordagem cinética do EQ; emprego da base teórica construtivista nas abordagens; utilização estratégias didáticas do tipo analogias, resolução de problemas, estudo de caso, atividades experimentais e utilização das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC).

Palavras-chave: Equilíbrio químico; Ensino de Química; Pesquisa em periódicos nacionais e internacionais

ABSTRACT

The process of teaching and learning concepts related to Chemical Balance (EQ) has proved to be challenging at all levels of education. The present investigation aims to identify trends in teaching and learning related to the topic. For this, bibliographic research was carried out, using the analysis of articles published in national and international journals in the area of Chemistry and Science teaching during the period between 2001-2021. The results revealed the main alternative conceptions of the students and some of the trends that marked the studies in this area, such as the predominance of the kinetic approach of EQ; use of the constructivist theoretical basis in the approaches; use of didactic

strategies such as analogies, problem solving, case study, experimental activities and use of Information and Communication Technologies (ICT).

Keywords: Chemical balance; Chemistry teaching; research in national and international journals

1 INTRODUÇÃO

O conceito de equilíbrio químico (EQ) é fundamental na Química. Além disso, para compreender fatos e acontecimentos do dia a dia, dentro de uma perspectiva da ciência, é necessário entender os temas relacionados aos átomos e suas formas de interação (PAZINATO, 2016). A compreensão dos conteúdos referentes ao EQ, que exigem um complexo nível de abstração, implica necessariamente que os estudantes consigam transitar entre os diferentes níveis de representação do conhecimento químico: macroscópico, submicroscópico e simbólico (JOHNSTONE, 2009).

As relações entre esses níveis são fundamentais para que o estudante consiga interpretar a natureza e seus fenômenos, bem como para a compreensão do processo de construção da Ciência. Alguns estudos revelam que muitos aprendizes possuem dificuldades em transitar entre esses três níveis, principalmente se os conceitos envolvidos são abstratos, como é o caso do EQ (TORRES *et al.*, 2010).

Desta forma, o conteúdo de EQ apresenta-se como ponto chave para a compreensão de diversos campos do conhecimento alicerçado ao entendimento dos fenômenos do dia a dia. Além disso, de acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais, o estudante do nível médio deve: compreender as propriedades das substâncias e dos materiais em função das interações entre átomos, moléculas ou íons; compreender os conceitos de temperatura e energia e suas relações com a natureza das substâncias; compreender a coexistência de reagentes e produtos, em sua extensão variável e reconhecer que as aplicações tecnológicas das substâncias e materiais estão relacionadas às suas propriedades (BRASIL, 2006).

Entretanto, muitas pesquisas (CAROBIN e SERRANO, 2007; RAVIOLO e AZNAR, 2003; HERNANDO, *et al.*, 2003; TEIXEIRA JÚNIOR e SILVA, 2009) revelam que o ensino

do conteúdo de EQ no nível básico não tem atendido a expectativa descrita pelos documentos oficiais, principalmente no que tange a compreensão destes conceitos.

Em termos gerais, alguns resultados destas pesquisas referentes ao processo de ensino e aprendizagem deste conteúdo, apontam para dificuldades em: considerar a reversibilidade da reação (CAROBIN e SERRANO, 2007); na compreensão de um sistema em equilíbrio em recipientes separados, de forma compartimentalizada (CAROBIN e SERRANO, 2007; RAVIOLO e AZNAR, 2003), e na compreensão equivocada, que aumentando a concentração de um determinado reagente, provocará um aumento na velocidade direta e produzirá um aumento na concentração dos produtos (CAROBIN e SERRANO, 2007; HERNANDO, *et al.*, 2003; TEIXEIRA JÚNIOR e SILVA, 2009).

Dentro deste contexto, a questão que guiou a presente investigação foi: “O que a análise das pesquisas atuais revela sobre as tendências no ensino e na aprendizagem do conteúdo EQ”?

Assim, propõem-se nesse trabalho o desenvolvimento de estudos descritivos e analíticos que incidam sobre a produção acadêmica no campo do ensino e aprendizagem sobre o conteúdo EQ, a fim de identificar as perspectivas e as propensões atuais das pesquisas desenvolvidas neste *locus* de estudo.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Conceituação e contexto histórico do Equilíbrio Químico

Quando duas ou mais substâncias entram em contato elas reagem dando origem a uma ou mais substâncias diferentes. Os compostos iniciais são denominados reagentes e os finais são denominados produtos. Além dessa reação, pode-se ter a reação inversa, em que os produtos reagem, gerando as espécies iniciais (BRAATHEN, 2011; BROWN *et al.*, 2005; OLIVEIRA *et al.*, 2009; SKOOG *et al.*, 2008). Assim, as reações reversíveis¹ tendem para um estado de equilíbrio, o qual é denominado de EQ.

¹ No século XIX, a Físico-química moderna iniciou-se com o estudo do equilíbrio químico, juntamente com a cinética e com a termodinâmica. Em meados daquele século já se tinha observado que muitas

No EQ², os reagentes se transformam em produtos e estes, por sua vez, reagem entre si, transformando-se novamente nos reagentes. Depois de certo tempo, o sistema atinge o estado de equilíbrio, em que as duas reações continuam ocorrendo (BRAATHEN, 2011).

Segundo Gilbert e Bouter (2000) o EQ pode ser classificado em três diferentes modelos, que se distinguem basicamente pelos níveis macroscópicos (substâncias) e microscópicos (partículas), relacionando-se também com a época em que foram explorados. Assim:

I Modelo de Equilíbrio-químico focado nas forças: Modelo utilizado no século XVIII e até a metade do século XIX. As reações químicas tinham explicações oriundas do paradigma newtoniano da mecânica, lei de afinidades e lei da ação das massas.

II Modelo de Equilíbrio-químico focado nas velocidades: Modelo utilizado no final do século XIX até parte do século XX. Início das pesquisas sobre velocidade das reações, relação entre velocidade e massa e constante de equilíbrio.

III Modelo de Equilíbrio-químico focado na energia: Modelo utilizado desde o ano de 1923. Utilização da termodinâmica nas reações químicas, o equilíbrio é alcançado quando o sistema produz trabalho máximo e potencial energético mínimo. Um sistema está em equilíbrio quando a energia livre é mínima (PRADO, 2016, p. 51).

Como debatido por diversos pesquisadores, tais como Sabadini e Bianchi (2007) e Prado (2016), o EQ é discutido nas escolas principalmente pelo ponto de vista da cinética química, a qual será dada mais ênfase na presente contextualização.

Considerando uma abordagem cinética do equilíbrio químico, a velocidade dos reagentes se transformando em produtos é exatamente igual à velocidade da conversão dos produtos em reagentes. Nessas condições, macroscopicamente, não há modificação

reações químicas eram reversíveis. "O químico inglês Williamson (1824-1904) e o químico alemão Wilhelmy (1812-1864) tinham observado que, quando reagentes produziam produtos a uma determinada velocidade de reação e estes, por sua vez, reagiam também entre si a uma determinada velocidade, um ponto tinha, forçosamente, que ser atingido em que um equilíbrio era estabelecido" (BRAATHEN, 2011, p. 370).

² O equilíbrio químico, segundo Skoog *et al* (2008) pode ser de diferentes tipos, sendo eles: dissociação da água; equilíbrio heterogêneos entre uma substância pouco solúvel e seus íons em uma solução saturada; dissociação de um ácido ou base fraca; formação de um íon complexo; equilíbrio de oxidação-redução; Equilíbrio de partição para um soluto entre solventes imiscíveis.

no sistema, mas as reações direta e inversa continuam ocorrendo simultaneamente a uma mesma velocidade, ou seja, as quantidades de W, X, Y e Z não variam mais após o estabelecimento do EQ. Porém, no âmbito submicroscópico, as reações direta e inversa continuam se processando com velocidades iguais, sendo assim, percebe-se que o EQ é um processo dinâmico (BRAATHEN, 2011; BROWN *et al.*, 2005; OLIVEIRA *et al.*, 2009; SKOOG *et al.*, 2008).

Apoiando-se em uma reação química genérica reversível (1) proposta por Skoog *et al.* (2008) do tipo:



E, “de acordo com a ‘Lei da Ação das Massas’⁴, a velocidade da reação é proporcional às concentrações em mol.L⁻¹ dos reagentes elevadas aos seus coeficientes estequiométricos” (OLIVEIRA *et al.*, 2009, p. 3).

Ainda de acordo com Oliveira *et al.* (2009) para o equilíbrio considerado, a velocidade da reação direta (2), V_d , pode ser expressa por:

$$V_d = K_d [W]^w [X]^x \quad (2)$$

Enquanto, a velocidade da reação inversa (3):

$$V_i = K_i [Y]^y [Z]^z \quad (3)$$

³ As letras maiúsculas representam as fórmulas das espécies químicas e as letras minúsculas em itálico representam os números necessários para balancear a equação (SKOOG *et al.*, 2008).

⁴ A Lei da Ação das Massas foi proposta pelos cientistas noruegueses Cato Maximilian Guldenberg (1836-1902) e Peter Waage (1833-1900) tendo sido apresentada e ignorada, em 1864. Em 1879 eles publicaram em uma das revistas mais conceituadas da Alemanha e tiveram seu trabalho reconhecido. Essa lei se constitui no princípio básico para o estudo quantitativo de um sistema em equilíbrio, sendo aplicável a qualquer reação reversível (SKOOG *et al.*, 2008; BRAATHEN, 2011).

Nessas duas equações (2 e 3) de velocidade, k_d e k_i são constantes de proporcionalidade dependentes da temperatura e pressão. O EQ ocorre quando as velocidades das reações direta e inversa se tornam iguais (OLIVEIRA *et al.*, 2009).

A partir dessa igualdade de velocidades ($V_d = V_i$) e considerando a lei da ação das massas:

$$K_d [W]^w [X]^x = K_i [Y]^y [Z]^z \quad (4)$$

$$K_{eq} = K_d / K_i \quad (5)$$

$$K_{eq} = [Y]^y [Z]^z / [W]^w [X]^x \quad (6)$$

A nova constante - K_{eq} - é a constante de equilíbrio⁵ da reação. Essa constante:

é definida em termos das concentrações das espécies no equilíbrio, como uma razão direta das concentrações dos produtos e inversa das concentrações dos reagentes, tendo os respectivos coeficientes estequiométricos como suas potências. As concentrações utilizadas em uma constante de equilíbrio são, mais frequentemente, expressas em mol/L (OLIVEIRA *et al.*, 2009, p. 5).

Sabendo-se que as reações químicas tendem espontaneamente para o estado de equilíbrio, somente fatores externos podem afastá-lo dessa condição. Tão logo a ação externa seja interrompida, o sistema retornará ao novo estado de equilíbrio com o tempo (OLIVEIRA *et al.*, 2009). De forma geral, o EQ pode ser afetado (BROWN *et al.*, 2005): variando as concentrações de reagentes ou produtos; variando a temperatura

⁵ "A expressão da constante de equilíbrio depende apenas da estequiometria da reação, e não do seu mecanismo" (BROWN *et al.*, 2005, p. 536). São dependentes, também, da temperatura e pressão (OLIVEIRA *et al.*, 2009).

ou a pressão, adicionando um catalisador, entre outros.

Esses efeitos qualitativos provocados pelas variações sobre o EQ foram estudados por Le Chatelier em 1884⁶. Como afirma (BRAATHEN, 2011) o Princípio de Le Chatelier foi originalmente enunciado em bases inteiramente empíricas, tendo o cientista anunciado que:

Qualquer sistema em equilíbrio químico estável submetido à influência de uma causa externa que tenda a fazer variar sua temperatura ou sua condensação (pressão, concentração, número de moléculas numa unidade de volume), em sua totalidade ou somente em algumas de suas partes, sofre apenas modificações internas, as quais se ocorressem isoladamente, provocariam modificação de temperatura ou de estado de condensação de sinal contrário àquela resultante da causa externa (LE CHATELIER, 1884, p. 187, tradução nossa)⁷.

De forma didática, pode-se expressar o Princípio de Le Chatelier:

Se um sistema em equilíbrio é perturbado por uma variação na temperatura, pressão ou concentração de um dos componentes, o sistema deslocará sua posição de equilíbrio de tal forma a neutralizar o efeito do distúrbio (BROWN *et al.*, 2005, p. 549).

⁶ Também conhecido como Princípio de Le Chatelier-Braun, foi formulado pelo químico francês Henri Louis Le Chatelier (1850-1936) em 1884. Na formulação desse princípio, Le Chatelier se baseou nos trabalhos de J. H. van't Hoff e nas ideias de G. Lippmann. Ao estudar a evolução de sistemas em equilíbrio devido a alterações de temperatura, van't Hoff enunciou uma lei conhecida como "princípio do equilíbrio móvel" afirmando que quando ocorre uma diminuição de temperatura, a volume constante, o equilíbrio é deslocado para a formação do sistema que desenvolve calor (QUÍLEZ-PARDO e SANJOSÉ-LOPEZ, 1996). Lippmann baseado no princípio de Lenz que expressava a "reciprocidade" entre fenômenos elétricos (a força eletromotriz se transforma de forma reversível em força magnética, mecânica etc.), propôs um princípio geral no qual afirma: "o sentido no qual ocorre um fenômeno é sempre tal que o fenômeno recíproco tende a se opor à produção do fenômeno primitivo" (CANZIAN e MAXIMIANO, 2010).

⁷ Tradução do original em francês: "Tout système en équilibre chimique stable soumis à l'influence d'une cause extérieure qui tend à faire varier soit sa température, soit sa condensation (pression, concentration, nombre de molécules dans l'unité de volume) dans sa totalité ou seulement dans quelquesunes de ses parties, ne peut éprouver que des modifications intérieures, qui, se elles se produisaient seules, amèneraient un changement de température ou de condensation de signe contraire à celui résultant de la cause extéuriere." (LE CHATELIER, 1884, p. 187).

3 METODOLOGIA

Ressalta-se que o presente estudo é um recorte de um trabalho de conclusão de curso (TCC) do primeiro autor deste artigo e caracteriza-se como uma pesquisa bibliográfica, uma vez que está alicerçada na análise de artigos científicos, ou seja, constituído de documentos já elaborados (GIL, 2010). Com a análise desse material, é possível quantificar, identificar, analisar e descrever uma série de padrões sobre a produção do conhecimento científico em relação ao ensino e aprendizagem do tema EQ.

Em relação aos objetivos da pesquisa, pode ser considerada como exploratória e explicativa. A pesquisa exploratória proporciona uma maior compreensão do problema e oferece uma visão global do fenômeno em estudo (GONSALVES, 2011). Estes aspectos corroboram com o propósito deste trabalho, na qual se busca investigar e compreender como ocorre o ensino e a aprendizagem dos conteúdos referentes ao EQ.

Já as pesquisas explicativas buscam a constatação e a compreensão dos fatores que determinam a ocorrência do evento em estudo. É uma abordagem que investiga e aprofunda o conhecimento do contexto social em que os sujeitos estão inseridos, uma vez que procura explicar a razão e as relações de causa e efeito dos fenômenos (GIL, 2010).

Nesta perspectiva, durante o desenvolvimento da presente investigação, procuraram-se as causas das dificuldades encontradas pelos estudantes e quais são os fatores que determinam a geração de concepções alternativas, com o objetivo de compreender o ensino e aprendizagem dos tópicos relacionados ao equilíbrio químico. Desta maneira, é possível afirmar que os objetivos da pesquisa corroboram os aspectos de uma pesquisa explicativa.

Diante do exposto, realizou-se um levantamento dos artigos publicados na área de Ensino de Química e Ciências em periódicos nacionais e internacionais entre 2001 e 2021, contemplando a produção bibliográfica sobre o assunto desenvolvida durante 20 anos. A investigação foi desenvolvida em quatro etapas, fundamentadas metodologicamente na proposta de Miranda *et al.* (2018b).

3.1 Seleção dos periódicos nacionais e internacionais para estudo

A seleção dos periódicos partiu da busca *on-line* em revistas nacionais e internacionais, pelo termo “equilíbrio químico”, nas plataformas do “Google Acadêmico”, “Science.gov”, “Portal de Periódicos CAPES/MEC” e “SciELO”. Selecionados os periódicos, estes foram categorizados, em conformidade com os parâmetros Qualis⁸.

Essa classificação foi utilizada como critério para delimitação dos periódicos investigados, visto que o Qualis da CAPES é o principal indicador de qualidade dos periódicos nacionais e internacionais do Brasil (FERNANDES e CAMPOS, 2012). As revistas escolhidas para análise foram indexadas no quadriênio 2013-2016 e classificadas com estratos entre A1 e B5. A relação desses periódicos é apresentada no Quadro 1.

Quadro 1- Periódicos nacionais e internacionais selecionados para estudo

Periódicos nacionais		
Periódico	Classificação Qualis	Código
Acta Scientiae	A2	AS
Educação Química em Punto de Vista	B1	EQPV
Experiências em Ensino de Ciências	B1	EENCI
Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências	A2	RBPEC
Revista eletrônica Ludus Scientiae - (RELuS)	A2	RELuS
Revista Química Nova	B3	QN
Revista Ensaio	C	E
Revista Química Nova na Escola	B1	QNEsc
Periódicos internacionais		
Educación y Humanismo	C	EH
Revista Electrónica de Tecnología Educativa	-	EDUTEC
Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias	A2	REEC
Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias	A1	REurEDC
Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología	B1	TE&ET
Revista Educación Química	B1	UNAN

Fonte: Autores (2022)

⁸ O Qualis se refere a um conjunto de procedimentos utilizados pela CAPES para estratificação da qualidade da produção intelectual dos programas de pós-graduação. A indexação dos periódicos está dividida em oito estratos, que são: A1, A2, B1, B2, B3, B4, B5 e C, sendo o primeiro citado o de maior impacto e o último o de menor.

3.2 Coleta dos dados por meio da seleção de artigos que abordam o tema

Após a seleção dos periódicos, foi realizado o levantamento dos artigos que abordam o tema de interesse da pesquisa, por meio da busca do termo “equilíbrio químico” no título, palavras-chave e resumo. Além disso, realizou-se a busca destas palavras na língua espanhola.

3.3 Triagem a partir da leitura integral dos artigos selecionados e exclusão dos que não versavam sobre o tema

Foram localizados um número expressivo de artigos e a partir da leitura integral do texto dos trabalhos selecionados foram descartadas as pesquisas que não abordaram sobre o ensino e aprendizagem de EQ. Por fim, foram selecionadas 36 publicações em revistas nacionais e internacionais.

3.4 Análise dos artigos

Os artigos foram analisados por meio de um roteiro previamente elaborado e fundamentado com base nos critérios de análises propostos por Miranda *et al.* (2018): “Caracterização, Aspectos metodológicos, Base teórica e Resultados das pesquisas”.

Em relação à “Caracterização”, selecionou-se as categorias *a priori*: revista, título, ano, instituição e país de origem. De acordo com Fernandes e Campos (2012), a categorização de artigos propicia informações relevantes, pois esses dados possibilitam, por exemplo, a avaliação das condições de acesso às pesquisas que estavam sendo produzidas no campo teórico da Didática das Ciências em determinado período.

No critério “Aspectos metodológicos”, buscaram-se especificar o perfil metodológico das pesquisas, os quais foram analisados, por meio de categorias propostas na literatura (COSTA e MOREIRA, 1996; MIRANDA *et al.* 2018b), tais como: a) Natureza da pesquisa; b) Abordagem da pesquisa; c) Nível de ensino.

Em relação à categoria (a) Natureza da pesquisa, os artigos foram classificados

em teórico ou empírico. A (b) Abordagem da pesquisa refere-se aos métodos utilizados pelos autores para coleta e análise dos dados e foram classificadas em: pesquisa qualitativa, pesquisa quantitativa ou mista.

Referente a categoria (c) Nível de ensino, os artigos foram agrupados de acordo com as etapas preconizadas na educação brasileira: Ensino Fundamental (EF) (1º aos 9º anos), Ensino Médio (EM) (1ª a 3ª séries) e Educação Superior (ES).

No critério “Base teórica”, foi detectado e analisado os pressupostos teóricos que fundamentaram os artigos analisados. Essa investigação é importante porque permite avaliar as concepções assumidas pelos autores dos estudos e a sua pertinência para a pesquisa desenvolvida (FERNANDES e CAMPOS, 2012). Por último, o critério “Resultados das pesquisas” apresenta uma análise das principais contribuições dos artigos investigados para o ensino e aprendizagem de equilíbrio químico. As categorias deste critério surgiram a partir da análise, ou seja, *a posteriori*.

Os artigos foram analisados e classificados de forma independente por três pesquisadores⁹, conforme os critérios estabelecidos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com o objetivo de viabilizar profundidade na análise das pesquisas sobre o ensino e aprendizagem de EQ, a organização dos resultados está subdividida em: (1) Caracterização dos artigos; (2) Aspectos metodológicos; (3) Base teórica e (4) Resultados das pesquisas.

4.1 Caracterização

No período estipulado nesta pesquisa (2001-2021) foram selecionados 36 artigos que versavam sobre o ensino e aprendizagem dos conceitos relacionados ao EQ. Destes artigos, 26 trabalhos (70,27%) foram publicados em revistas brasileiras e 11

⁹ As análises e classificações individuais foram confrontadas nas divergências entre os pesquisadores, rediscutidas e reavaliadas a fim de se estabelecer um acordo a respeito daquelas. Ressalta-se que a análise contou com duas professoras universitárias e um discente do curso de Química Licenciatura.

(29,73%) em periódicos internacionais. O Quadro 2 apresenta a lista desses periódicos e o número de artigos publicados por período.

Quadro 2 - Lista dos periódicos e número de artigos publicados nos últimos 20 anos

Periódico/Código	2001 a 2006	2007 a 2011	2012 a 2016	2017 a 2021	Total	%
AS	2	1	-	1	4	11,11
EQPV	-	-	-	1	1	2,77
EENCI	-	-	2	-	2	5,55
RBPEC	-	-	1	2	3	8,33
RELus	-	-	-	1	1	2,77
QN	-	2	2	-	4	11,11
E	-	1	-	-	1	2,77
QNEsc	4	4	-	1	9	25,00
Nacionais	6	8	6	6	25	69,48
Periódico/Código	2001 a 2006	2007 a 2011	2012 a 2016	2017 a 2021	Total	%
EH	-	1	-	-	1	2,77
EDUTECH	-	-	-	1	1	2,77
REEC	3	1	-	-	4	11,11
REurEDC	1	-	1	-	2	5,55
TE&ET	-	1	-	-	1	2,77
UNAN	2	-	-	-	2	5,55
Internacionais	6	3	1	1	11	30,52

Fonte: Autores (2022)

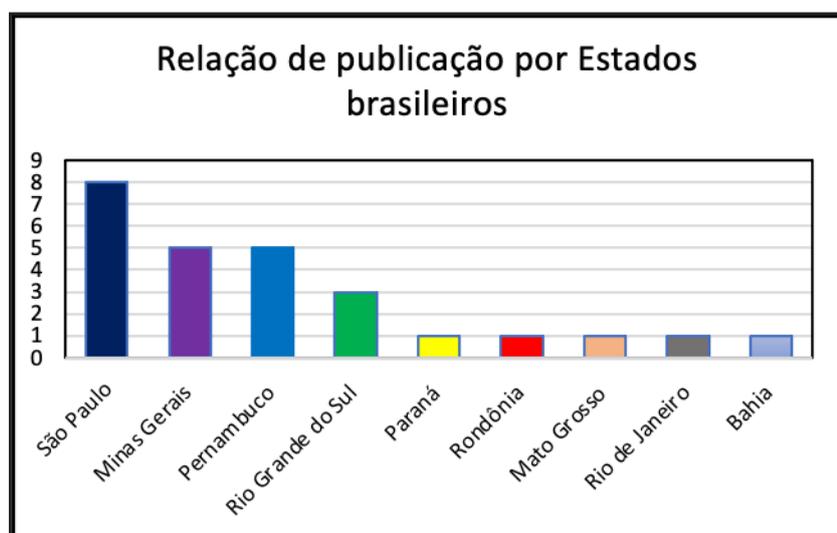
Observa-se do Quadro 2 que o periódico com o maior número de pesquisas relacionadas ao tema de EQ no processo de ensino e aprendizagem, foi a revista *Química Nova na Escola* (QNEsc) com aproximadamente 25% das produções brasileiras. Esta revista possui elevada representatividade acadêmica e profissional, fornecendo importantes contribuições à comunidade de educadores químicos do Brasil.

Já no âmbito internacional, a *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias* (REEC) apresentou uma importante produção (11,11%) sobre o tema, apesar de não ser uma revista exclusiva para as pesquisas da área do Ensino de Química, a REEC dedica-se à investigação sobre os processos de ensino e a aprendizagem das ciências experimentais nos diferentes níveis.

No Quadro 2, é possível depreender a predominância de artigos nacionais (69,48%). Desta forma, o interesse dos pesquisadores é justificado nas investigações tanto pela relevância do conteúdo para a continuidade dos estudos em Química, tanto pela necessidade de compreensão e interpretação de fatos e fenômenos cotidianos, o que sinaliza significativas mudanças no processo de ensino e aprendizagem de Química.

Com o objetivo de identificar a localização das instituições que os pesquisadores brasileiros pertencem, a Figura 2 apresenta o número de artigos publicados por estado no período estipulado.

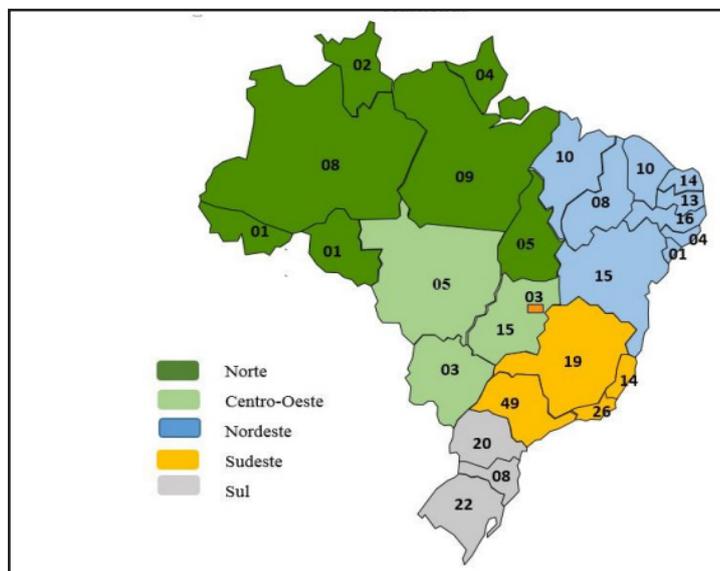
Figura 2 - Relação de publicação por Estados brasileiros



Fonte: Autores, 2022

As publicações ficaram concentradas em nove estados, destacando-se o estado de São Paulo com oito artigos sobre o tema, o que corresponde à 32% do total no Brasil. Complementar a isso, é pertinente o estudo feito por Alves e Mello (2019) sobre os grupos de pesquisa em Ensino de Química e Educação Química a nível nacional. As autoras encontraram ao todo 305 grupos de pesquisas espalhados pelas regiões do país, dos quais o estado de São Paulo apresenta 49. Este número é maior que todos os grupos das regiões Norte e Centro-Oeste juntas. A Figura 3 mostra o mapeamento quantitativo deles:

Figura 3 - Distribuição dos grupos de pesquisas cadastrados no CNPq por unidades federativas brasileiras



Fonte: Alves e Mello (2019, p. 356)

Desta forma infere-se, que o número de grupos de pesquisas no estado de São Paulo pode ter influenciado de forma significativa na expressividade de trabalhos relacionados ao tema (8 de 26). Segundo Alves e Mello (2019), a área de Ensino de Química no Brasil ainda carece de esforços para seu crescimento, de forma a sustentar a equidade entre os entes federativos. Além disso, é importante mais diligência para o fortalecimento de programas de pós-graduações *stricto sensu*, elevando o número de pesquisadores mestres e doutores para atuação tanto em pesquisa na área quanto na formação de professores de Química para a educação básica.

4. 2 Aspectos metodológicos

Para essa dimensão, foram consideradas as seguintes categorias: a) Natureza da pesquisa, b) Abordagem da pesquisa e, c) Nível de ensino.

A Tabela 1 apresenta os resultados para as categorias a, b e c, bem como para as suas respectivas subcategorias.

Tabela 1 – Resultados referentes aos aspectos metodológicos dos artigos analisados

Subcategorias	Quantidade	Ocorrência (%)
Natureza da pesquisa		
Teórico	11	30,55%
Empírico	25	69,44%
Abordagem da pesquisa		
Qualitativa	29	80,55%
Quantitativa	4	11,11%
Mista	3	8,34%
Nível de ensino		
Ensino Fundamental	0,0	0,0
Ensino Médio	19	52,77%
Educação Superior	14	38,82%
Ensino Médio e Superior	3	8,41%

Fonte: Autores (2022)

Em relação a “Natureza da pesquisa”, a partir da análise da Tabela 1 é possível identificar que aproximadamente 31% dos artigos abordam o EQ na perspectiva teórica. Tais investigações apresentam os conceitos científicos trabalhados na educação formal, bem como retratam as contribuições didático-pedagógicas no desenvolvimento inapropriado do conteúdo em questão.

Nessa direção, Tarhan *et al.* (2008) afirmam que o conteúdo de EQ precisa de uma maior atenção da Educação Química, pois esse conteúdo é o potencial causador de concepções alternativas, o que dificulta a aprendizagem (em todos os níveis) de conceitos que são importantes para a Química, tais como: termodinâmica, cinética química, solubilidade, reação química, entre outros. Os autores ressaltam a relevância de mais estudos teóricos que fundamentem as atividades dos professores em sala de aula, em todos os níveis de ensino (TARHAN *et al.*, 2008).

Ainda considerando a Tabela 1, percebe-se que a maior parte dos trabalhos possui abordagem empírica (69,44%), cujas fontes de dados foram questionários, produção textual, registros pictográficos, entrevistas e relatórios. Segundo Miranda (2018a), esse viés teórico-metodológica visa à constatação prática de um determinado fenômeno em estudo, por meio da apreciação de contextos para a coleta de dados.

Observou-se que muitos estudos empíricos se dedicaram em investigar as

implicações didático-pedagógicas da utilização de diferentes estratégias de ensino na abordagem do conteúdo de EQ. É possível citar como exemplo o trabalho de Silva e Pataca (2018), em que os autores desenvolveram uma sequência didática para trabalhar dentro da perspectiva da História da Ciência, promovendo reflexões sobre aspectos sociais, políticos e econômicos da prática científica. A abordagem histórica concentrou-se nos trabalhos realizados pelo químico alemão Fritz Haber¹⁰.

Os autores supracitados ainda destacam que, em relação a aprendizagem, a construção de conhecimentos a partir dos feitos de Fritz Haber para o ensino do EQ contribuiu de forma significativa para aulas mais dialogadas e para um maior protagonismo dos estudantes (SILVA e PATACA, 2018). Ainda, a utilização de diferentes estratégias (leitura, experimento, filme, debate e produção escrita) favoreceu o alcance dos objetivos estipulados, uma vez que os estudantes mobilizaram saberes e competências diversas, tais como a leitura, a oralidade e a escrita.

Outro artigo notável é o de Candela (2021), que investigou a utilização de simuladores aliados ao ensino sociocultural e fenomenológico, mediadas pela técnica *Stop Motion*¹¹. As principais contribuições que o autor enfatiza são:

- é um fator chave na diferenciação e integração de níveis de representação do conhecimento químico (macroscópico, submicroscópico e simbólico). Além disso, auxilia significativamente no desenvolvimento de habilidades exigidas pela sociedade do conhecimento;
- as atividades de aprendizagem em que os alunos projetam, desenvolvem e avaliam de forma reflexiva as simulações tornam-se estratégias pedagógicas eficazes ao longo da construção de uma compreensão do fenômeno do EQ;

¹⁰ Fritz Haber (1868-1934) foi um químico alemão, que desenvolveu junto a outros cientistas, o processo de síntese da amônia e possibilitou realizar a produção de fertilizantes em larga escala, por este feito, recebeu o prêmio Nobel em 1920. O processo conhecido como Haber-Bosch emprega de conceitos relacionados ao equilíbrio químico na produção da amônia (CHAGAS, 2007; SILVA e PATACA, 2018).

¹¹ O *Stop Motion* pode ser definido como o ramo da animação que reúne diferentes fotografias de modelos inanimados em sequência no intuito de criar ilusões de ótica que simulam movimento (THOMAS e TUFANO, 2010).

- a utilização de simuladores é uma ferramenta cognitiva importante que favorece a visualização, interpretação e raciocínio de processos químicos.

Esses resultados permitiram concluir que o desenvolvimento de simulações, por meio da técnica *Stop Motion* dentro de um contexto de ensino a partir de uma perspectiva sociocultural, ajudaram a mediar a construção de uma compreensão do conceito de EQ em nível atômico-molecular, bem como o desenvolvimento de habilidades, tais quais: observação consciente dos principais aspectos que caracterizam a situação fenomenológica; discussão dos problemas subjacentes ao fenômeno; busca, seleção e avaliação de informações alinhadas ao EQ; e construção de um artefato cognitivo com vistas a comunicar e difundir o entendimento alcançado.

Diante disso, as pesquisas empíricas possuem um papel fundamental para o ensino, pois, por meio delas, é possível identificar as principais lacunas decorrentes dos processos de ensino e aprendizagem, concepções alternativas e obstáculos à aprendizagem, bem como delinear possíveis soluções e contribuições para favorecer a Educação Química.

Em relação a “Abordagem das pesquisas”, buscou-se identificar se as pesquisas apresentavam uma abordagem qualitativa, quantitativa ou mista, o que corresponde, respectivamente, aos percentuais de 80,55%, 11,11% e 8,34%. Essa análise evidencia que a área segue uma tendência metodológica qualitativa, a qual se destina a compreender os processos e relações escolares nos âmbitos institucionais e culturais, possibilitando a socialização e sociabilidade em suas diversas implicações com o cotidiano (ANDRÉ e GATTI, 2014).

Para Zanette (2017) a abordagem qualitativa se configura em refletir sobre a produção do conhecimento, dando destaque às múltiplas influências externas e internas, para garantir o avanço do saber na dinâmica do processo educacional.

No que se refere ao “Nível de ensino”, verificou-se predominância de trabalhos voltados para o ensino médio (EM) - 52,77% das investigações - demonstrando uma forte preocupação com aspectos relacionados ao ensino e aprendizagem dos conteúdos

referentes ao EQ. Com respeito à abordagem deste conteúdo no EM, Martínez-Grau *et al.* (2014) detectaram que para compreender os conceitos relacionados ao EQ é preciso entender profundamente os níveis do conhecimento químico, o que exige entendimento atômico-molecular. Em relação a isso Miranda (2018a):

Estratégias de ensino podem e devem ser adaptadas para auxiliar os estudantes do nível médio a modificar ou evitar equívocos, bem como reduzir a sua dependência pela mera memorização de conceitos na interpretação de fenômenos (MIRANDA, 2018a, p. 56).

Também, 38,82% das pesquisas são voltadas exclusivamente ao Ensino Superior (ES) e um índice pequeno de publicações (8,41%) que associa este nível ao EM. Nenhum trabalho destinado ao Ensino Fundamental (EF) foi encontrado, o que já era esperado, pois o currículo do EF não contempla o ensino de EQ.

4.3 Base teórica e principais resultados

O resultado referente a “Base teórica” encontra-se sistematizado na Tabela 2.

Tabela 2 – Resultados coletados referente à base teórica

Base teórica			
Categoria	Subcategorias	Nº artigos	Ocorrência
<i>Construtivismo</i>	Construtivismo explícito	14	86,12%
	Citação de autores construtivistas	5	
	Retratam concepções alternativas	12	
	Total	31	
<i>Teoria sobre equilíbrio químico</i>	Teoria geral sobre Equilíbrio Químico	2	13,88%
	Aspectos cinético-moleculares do equilíbrio químico	3	
	Total	5	

Fonte: Autores (2022)

Nota-se que a base teórica predominante dos trabalhos desenvolvidos foi o construtivismo, correspondendo a 86,12% do total das publicações. Desses artigos, 14 abordam o construtivismo de forma explícita, 5 trabalhos utilizam autores

construtivistas na fundamentação teórica e 17 investigações não referenciam de forma explícita a abordagem. No entanto, esses estudos investigaram as concepções alternativas dos estudantes (linha de pesquisa vinculada à teoria construtivista) ou, até mesmo, utilizaram estratégias que situam o aluno no centro do processo educativo, favorecendo a construção dos conhecimentos de forma ativa.

Em relação aos artigos que apresentaram estratégias de ensino pautadas na perspectiva construtivista, encontrou-se uma diversidade de propostas para o desenvolvimento do conteúdo de EQ, tais como: ensino por analogias, ensino fundamentado em modelagem, experimentação, Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC), aprendizagem baseada em problema (PBL, do inglês *Problem Based Learning*), Estudo de Caso (EC) e jogo didático. Diante disso, percebe-se um número significativo de estratégias diferenciadas e infere-se que existe uma preocupação com o processo de ensino e aprendizagem da temática EQ.

A teoria construtivista é bastante influente no ensino contemporâneo, (MATTHEWS, 2000). De acordo com Cachapuz (2011), o construtivismo pode ser entendido como um campo teórico que considera a participação ativa dos estudantes na construção do conhecimento, não se restringindo a assimilação e a acumulação do conhecimento adquirido por meio do professor ou de livros didáticos.

Desta forma, com o surgimento dos pressupostos teóricos construtivistas o aluno ganhou mais espaço nas aulas e passou a ser valorizado por suas concepções e experiências, tornando-se assim, sujeito ativo no processo de aprendizagem.

Para artigos fundamentados na categoria “Teoria sobre equilíbrio químico”, o qual corresponde ao percentual de 13,88%, destaca-se o trabalho de Sabadini e Bianchi (2007). Esses autores defendem uma abordagem diferenciada para o ensino de EQ dentro de uma perspectiva termodinâmica. Assim, eles destacam:

O conceito de equilíbrio químico seria apresentado de forma precisa. A inserção das reações químicas nas transformações gerais da natureza evitaria a desnecessária fragmentação de conceitos.

No entanto, é necessário considerar que nessa abordagem estão presentes novos conceitos como espontaneidade, extensão de uma reação, entropia e energia livre (SABADINI e BIANCHI, 2007, p. 4).

Partindo do pressuposto que a presente pesquisa busca esclarecer as contribuições científicas, didáticas e pedagógicas das investigações analisadas, os principais resultados apresentados nos artigos foram sistematizados em duas subcategorias: *Concepções alternativas mais recorrentes* e *Propostas para o ensino de equilíbrio químico*.

4.3.1 Concepções alternativas mais recorrentes

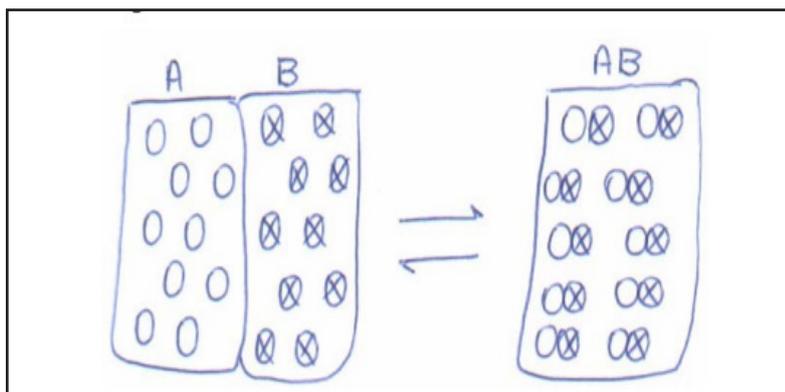
Pesquisas sobre as concepções alternativas foram identificadas em artigos com uma diferença temporal de aproximadamente 11 anos (HERNANDO *et al.*, 2003; MARTÍNEZ-GRAU *et al.*, 2014), com ressalva ao trabalho de Carobin e Serrano (2007), que aborda concepções alternativas desde a década de 1970. Além disso, algumas pesquisas evidenciaram que elas estão presentes tanto no nível básico quanto no ensino superior. A seguir, são apresentadas as concepções alternativas mais recorrentes sobre EQ nos artigos analisados:

- I Visualização de sistemas em equilíbrio compartimentalizados (TEIXEIRA JÚNIOR e SILVA, 2009);
- II Reversibilidade da reação - após a reação direta se completar, inicia a reação inversa (CAROBIN e SERRANO, 2007);
- III Equilíbrio estático - o equilíbrio químico não é dinâmico (HERNANDO *et al.*, 2003 e TEIXEIRA JÚNIOR e SILVA, 2009);
- IV No equilíbrio a concentração de reagentes e produtos são iguais (CAROBIN e SERRANO, 2007; MARTÍNEZ-GRAU *et al.*, 2014; RAVIOLO e AZNAR, 2003);
- V O sistema quando alterado por um aumento na concentração dos reagentes provoca, um aumento na velocidade direta e conseqüentemente um aumento na concentração dos produtos (CAROBIN e SERRANO, 2007; GRAU *et al.*, 2014; RAVIOLO e AZNAR, 2003);
- VI Efeito de catalisadores sobre o equilíbrio químico (RAVIOLO e AZNAR, 2003);
- VII "Se a velocidade de reação direta aumenta, a velocidade da reação inversa deve diminuir e vice-versa, diante das mudanças nas condições do sistema em equilíbrio" (RAVIOLO e AZNAR, 2003, p. 301, tradução nossa).

Um dos maiores problemas detectados foi em relação a compartimentalização dos sistemas em equilíbrio, ao entendimento sobre a reversibilidade da reação e aos aspectos relacionados com a natureza dinâmica do equilíbrio, como observado nas concepções alternativas apresentada nos itens (i), (ii) e (iii).

No tocante, Teixeira Júnior e Silva (2009) investigaram e analisaram os conhecimentos de 47 futuros professores de Química sobre EQ. Os resultados encontrados pelos autores apontam para a ideia de compartimentalização do sistema cujas espécies reagentes e produtos se encontrariam em recipientes separados, conforme representado na Figura 4.

Figura 4 - Modelo representativo de um sistema em Equilíbrio Químico, evidenciando o aspecto de compartimentalização do sistema



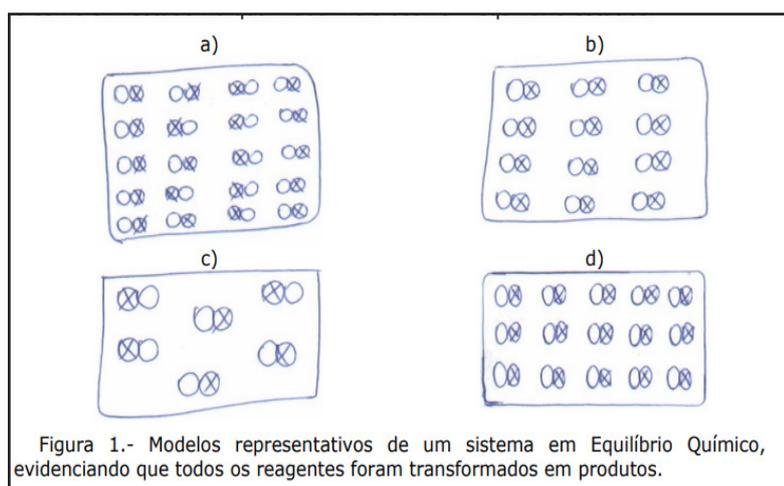
Fonte: Teixeira Júnior e Silva (2009, p. 579)

Em relação a essa visão equivocada de compartimentalização do sistema em equilíbrio pode ter a sua origem na utilização incorreta de analogias empregadas na explicação dos fenômenos envolvendo EQ, pois em alguns casos podem causar obstáculos à aprendizagem, por apresentarem distorções ao conceito científico. Além disso, para Machado e Aragão (1996), este fato pode ter origem no uso das equações químicas separadas pela dupla seta, tratando distintamente reagentes e produtos.

Teixeira Júnior e Silva (2009) destacam, em outra análise, que os discentes apresentam uma concepção de equilíbrio limitada, concebendo como um estado no qual nada mais ocorre – equilíbrio estático, conforme observado na Figura 5.

Candela (2021) afirma que para compreender a natureza do equilíbrio dinâmico é necessário ter o conhecimento prévio das reações químicas, tanto em aspectos teóricos, fenomenológicos e representacionais, entendendo a dinâmica de movimento e das transformações de substâncias. Ademais, o autor destaca que a inability de representar mentalmente as reações, imaginando-as em nível atômico-molecular e cinético-molecular é uma causa de tantas concepções errôneas encontradas sobre o caráter dinâmico do EQ (CANDELA, 2021).

Figura 5 - Modelos representativos de um sistema em Equilíbrio Químico, evidenciando que todos os reagentes foram transformados em produtos



Fonte: Teixeira Júnior e Silva (2009, p. 580)

As pesquisas supracitadas revelam que a maioria dos estudantes não conseguem explicar corretamente os fenômenos relacionados ao EQ, mesmo tendo sucesso em resolver complexos problemas matemáticos. Adicionalmente, apresentam grandes dificuldades em transitar entres os níveis do conhecimento químico: macroscópico, submicroscópico e simbólico.

Machado e Aragão (1996) defendem veementemente a importância de focalizar no fenômeno, ou seja, trazer as discussões para o centro das salas de aula, conferindo voz aos estudantes para que possam explicar o que observam, principalmente com o

uso de modelos para a constituição das substâncias.

Apesar de pesquisas (CAROBIN e SERRANO, 2007; HERNANDO *et al.*, 2003; MARTÍNEZ-GRAU *et al.*, 2014; RAVIOLO e AZNAR, 2003; TEIXEIRA JÚNIOR e SILVA, 2009) assinalarem as concepções errôneas dos estudantes, há também trabalhos que abordam propostas de superação dessas concepções. Essas investigações discutem as contribuições para o processo de ensino e aprendizagem de EQ por meio do desenvolvimento de propostas que coloquem o aluno no centro do processo educativo.

4.3.2 Propostas para o ensino de equilíbrio químico

Foi possível analisar uma diversidade de estratégias desenvolvidas para abordar EQ no âmbito do ensino: cinco trabalhos (13,51%) utilizaram TIC's como ferramenta de ensino; dois (5,8%) focaram em atividades experimentais de caráter demonstrativo; quatro (10,81%) abordaram modelagem; seis (16,21%) EC e PBL; três (8,1%) apresentaram jogos didáticos e sete (18,91%) trabalharam com analogia. Isso sinaliza que variadas estratégias vêm sendo empregadas com o objetivo de favorecer a aprendizagem do conteúdo relacionado ao EQ.

Raviolo e Garritz (2008) revelaram que a utilização de analogias se mostrou uma estratégia relevante para o ensino do conteúdo em questão devido à complexidade e a abstração dos conceitos relacionados. Os autores afirmaram que, por exemplo, a natureza reversível da reação e natureza dinâmica do equilíbrio podem ser facilmente visualizadas por meio dessa estratégia de ensino, porém é necessário que os professores fiquem atentos às limitações postas para que não causem eventuais problemas de aprendizagem (RAVIOLO e GARRITZ, 2008).

Neste sentido, um aspecto limitante importante ressaltado pelos autores refere-se à utilização de analogias que ilustram um estado de equilíbrio estático, afinal poucas delas demonstram o aspecto dinâmico das reações. Desta forma, ressaltam a importância de aliá-las a outras estratégias como, por exemplo, os jogos didáticos.

Maia *et al.* (2005) desenvolveram atividades experimentais para o estudo do EQ

relacionando-o com o fenômeno da chuva ácida. Os pesquisadores comentam que para o ensino desse conteúdo é importante a busca de estratégias com vistas a superação de problemas de aprendizagem, especialmente para os conceitos complexos que exigem altos níveis de abstração. Por fim, ainda afirmam que os processos de aprendizagem são favorecidos por um sistema participativo aliado às atividades experimentais, que contribui para a construção de um conhecimento mais consistente em nível atômico-molecular (MAIA *et al.*, 2005).

Já Cordero (2011) reitera que a estratégia PBL é efetiva, pois para a compreensão dos conteúdos de EQ, os estudantes puderam fazer um diagnóstico de suas próprias necessidades de aprendizagem, bem como perceberam a importância de trabalhar colaborativamente, desenvolver habilidades de resolução de problemas, análises, síntese de informação e, ao mesmo tempo, comprometer-se com seu processo de aprendizagem.

Por fim, os resultados dos trabalhos analisados revelaram que as concepções alternativas dos estudantes podem se tornar um obstáculo significativo na aprendizagem do conteúdo de EQ. E, ainda, a utilização de estratégias diferenciadas mostrou-se promissora, afinal podem contribuir de forma significativa no desenvolvimento de habilidades de compreensão/visualização do conhecimento químico a partir dos três níveis de representação.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa partiu do pressuposto de que, o EQ está inserido em um grupo de conceitos da química de difícil compreensão devido ao seu caráter abstrato. Desta forma, a motivação em pesquisar sobre o processo de ensino e aprendizagem dessa temática, está relacionada à relevância desse assunto para a compreensão de outros conceitos da química, seja a nível básico ou superior de educação.

Em relação aos dados resultados da pesquisa, observa-se que a maioria dos artigos produzidos sobre a temática era de origem brasileira e de natureza

empírica. Ademais, a base teórica construtivista se mostrou relevante na elaboração de estratégias de ensino, de modo que esse pressuposto teórico favoreceu o processo estudantil no que diz respeito ao papel ativo esperado na construção do conhecimento, a partir dos trabalhos analisados.

Uma das principais tendências dos trabalhos se refere às investigações sobre as concepções alternativas dos estudantes, as quais abordaram uma diversidade de aspectos conceituais atrelados ao conteúdo de EQ. Os achados deste trabalho, ainda mostram que a utilização de diferentes estratégias, tais como: analogias, atividades experimentais, PBL, EC, e TIC's são eficazes no aprendizado dos conceitos relacionados ao EQ.

Por fim, para o ensino de EQ, há a necessidade de ampliarem-se as pesquisas no âmbito da educação superior, sendo também importante buscar por abordagens que contemplem os aspectos termodinâmicos do equilíbrio, uma vez que as intervenções ocorrem, principalmente, a partir da cinética química.

REFERÊNCIAS

- ALVES, A. C. T.; MELLO, I. C. de. Mapeamento dos grupos de pesquisa em ensino de Química. **Scientia Naturalis**, [s.l.], v.1, n. 2, p. 339-355, 2019.
- ANDRÉ, M.; GATTI, B. A. **Métodos qualitativos de pesquisa em educação no Brasil**: origens e evolução. Programa de Formação em Pesquisa e Pós-Graduação. Módulo VII. Pesquisa Qualitativa, parte II, v. 26, 2014.
- BRAATHEN, P. C. **Química Geral**. 3. ed. Viçosa, 2011.
- BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais - PCN+ - Ensino Médio Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias**. Brasília: Ministério da Educação, p. 245-256, 2006.
- BROWN, T.; LEMAY, H.; BURSTEN, B. E. **Química**: a ciência central. 9 ed. Prentice-Hall, 2005.
- CACHAPUZ, A. **A necessária renovação do ensino de ciências**. São Paulo: Cortez, 2011.
- CANDELA, B. F. El diseño y desarrollo de animaciones como estrategia que ayuda a mediar la comprensión del equilibrio químico en la escuela. **Revista Electrónica de Tecnología Educativa**, [s.l.], v. 75, p. 124-136, 2021.
- CANZIAN, R.; MAXIMIANO, F. A. Princípio de Le Chatelier. O que tem sido apresentado em livros didáticos? **QNEsc**, [s.l.], v. 32, n. 2, p. 107-119, 2010.

CAROBIN, C.; SERRANO, A. A revision of the alternative conceptions in Chemical Equilibrium within the different level of representation of a chemical phenomena. **Acta Scientiae**, [s.l.], v. 9, n. 2, p. 131-143, 2007.

CHAGAS, A. P. A síntese da amônia: alguns aspectos históricos. **Química Nova**, [s.l.], v. 30, n. 1, p. 240-247, 2007.

CORDERO, J. D. A. Estrategias de enseñanza basadas en el estudiante para el aprendizaje del equilibrio químico. **Educación y Humanismo**, [s.l.], v. 13, n. 21, p. 83-98, 2011.

COSTA, S. S. C.; MOREIRA, J. P. Resolução de problemas I: diferenças entre novatos e especialistas. **Investigações em Ensino de Ciências**, [s.l.], v. 1, n. 2, p. 176-192, 1996.

FERNANDES, L. S.; CAMPOS, A. F. Pesquisas em periódicos nacionais e internacionais sobre o ensino e aprendizagem de ligação química. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 12, n. 2, p. 153-172, 2012.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GILBERT, J. K.; BOULTER, C. J. **Developing models in Science Education**. Dordrecht: Kluwer, 2000.

GONSALVES, E. P. **Conversas sobre iniciação à pesquisa científica**. 5. ed. Campinas: Alínea, 2011.

HERNANDO, M.; FURIÓ, C.; HERNANDEZ, J.; CALATAYUD, M. L. Comprensión del equilibrio químico y dificultades en su aprendizaje. **Enseñanza de la Ciencias**, [s.l.], n. extra, p. 111-118, 2003.

JOHNSTONE, A. H. The development of chemistry teaching: a changing response to changing demand. **Journal of Chemical Education**, [s.l.], v. 70, n. 9, p. 701-705, 2009.

LE CHATELIER, H. L. A General Statement of the Laws of Chemical Equilibrium. **Comptes Rendus**, [s.l.], v. 99, p. 786-789, 1884.

MAIA, D. J.; GAZOTTI, W. A.; CANELA, M. C.; SIQUEIRA, A. E. Um experimento para introduzir conceitos de equilíbrio químico e acidez no Ensino Médio. **Química Nova na Escola**, [s.l.], v. 21, p. 44-46, 2005.

MACHADO, A. H.; ARAGÃO, R. M. R. Como os estudantes concebem o estado de equilíbrio químico. **Química Nova na Escola**, [s.l.], v. 4, n. 2, p. 18-20, 1996.

MARTÍNEZ-GRAU, M.; SOLAZ-PORTOLÉS, J. J.; SANJOSÉ, V. Propuesta de un test para determinar el conocimiento conceptual de estudiantes universitarios sobre la constante de equilibrio químico y su aplicación en estudiantes españoles, **Química Nova**, [s.l.], v. 37, n. 4, p. 740-744, 2014.

MATTHEWS, M. Construtivismo e o ensino de ciências: uma avaliação. **Cad. Cat. Ens. Fís.**, [s.l.], v.17, n. 3, p. 270-294, 2000.

MIRANDA, A. C. G. **Transição progressiva dos modelos explicativos de estudantes de nível médio sobre forças intermoleculares**. 2018. 289 p. Tese (Doutorado em Educação em Ciências) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2018a.

MIRANDA, A. C. G.; BRAIBANTE, M. E. F.; PAZINATO, M. S. Tendências do ensino e aprendizagem de forças intermoleculares a partir da análise de publicações em periódicos nacionais e internacionais, **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, [s.l.], v. 17 p. 394-419, 2018b.

OLIVEIRA, I. M. F.; SILVA, M. J. S. F.; TÓFANI, S. F. B. **Fundamentos de Química Analítica**, Curso de Licenciatura em Química, Modalidade a Distância, UFMG, 2009.

PAZINATO, M. S. **Ligações químicas**: investigação da construção do conhecimento no ensino médio. 2016. 370 p. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2016.

PRADO, K. F. **Livros didáticos e concepções de professores**: a história da Ciência no ensino de Equilíbrio Químico. 2016. 131 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências, Bauru, 2016.

QUÍLEZ-PARDO, J.; SANJOSÉ-LOPEZ, V. El principio de Le Chatelier através de la história y su formulación didáctica em la enseñanza del equilibrio químico. **Enseñanza de Las Ciencias**, [s.l.], v. 1, n. 3, p. 381-390, 1996.

RAVIOLO, A.; GARRITZ, A. Analogias no ensino de equilíbrio químico. **Química Nova na Escola**, [s.l.], n. 27, p. 13-25, 2008.

RAVIOLO, A.; AZNAR, M. M. Uma revisión sobre las concepciones alternativas de los estudiantes em la relación con el equilibrio químico. Clasificación y síntesis de sugerencias didáticas. **Educación Química**, [s.l.], v.13, n. 3, p. 159-165, 2003.

SABADINI, E.; BIANCHI, J. C. A. Ensino do conceito de equilíbrio químico: uma breve reflexão. **Química Nova na Escola**, [s.l.], v. 25, p. 10-13, 2007.

SALÉM, S. **Perfil, evolução e perspectivas da pesquisa em ensino de Física no Brasil**. 2012. 385 p. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

SILVA, A. N.; PATACA, E. M. O ensino de Equilíbrio Químico a partir dos trabalhos do cientista alemão Fritz Haber na síntese da amônia e no programa de armas químicas durante a Primeira. **Química Nova na Escola**, [s.l.], v. 40, n. 1, p. 33-43, 2018.

SKOOG, D. A; WEST, D. M; HOLLER, F. J; CROUCH, S. R. **Fundamentos de Química Analítica**. São Paulo: Cengage Learning, 2008.

TARHAN, L.; AYAR-KAYALI, H.; UREK, R. O.; ACAR, B. Problem-Based Learning in 9th Grade Chemistry Class: 'Intermolecular Forces'. **Research in Science Education**, [s.l.], v. 38, p. 285-300, 2008.

TEIXEIRA JÚNIOR, J. G.; SILVA, R. M. G. Investigando a temática sobre equilíbrio químico na formação inicial docente. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, [s.l.], v. 8, n. 2, p. 571-592, 2009.

THOMAS, A.; TUFANO, N. **Stop Motion Animation**. In: KNOBEL, M; LANKSHEAR, C. (ed.). *DIY Media: creating, sharing and learning with new technologies*. Nova York: Peter Lang, p. 161-183, 2010.

TORRES, N.; LANDAU, L.; BAUMGARTNEY, E.; MONTESERIN, H. Fuerzas intermoleculares y su relación com físicas: búsqueda de obstáculos que dificultan su aprendizaje significativo. **Educación Química**, [s.l.], v. 2, n. 3, p. 212-218, 2010.

ZANETTE, M. S. Pesquisa qualitativa no contexto da Educação no Brasil. **Educar em Revista**, Curitiba, n. 65, p. 149-166, 2017.

Contribuições de autoria

1 –Daniel de Lima Silva

Licenciado em Química

<https://orcid.org/0000-0001-7992-8466> • daniel.lima1@aluno.ufop.edu.br

Contribuição: Escrita -Primeira Redação

2 – Ana Carolina Gomes Miranda

Doutora em Ensino de Química

<https://orcid.org/0000-0002-6675-6033> • ana.miranda@ufop.edu.br

Contribuição: Revisão e edição, supervisão

3 – Sandra de Oliveira Franco-Patrocínio

Doutora em Ensino de Química

<https://orcid.org/0000-0002-2966-5415> • sandra.patrocinio@ufop.edu.br

Contribuição: Revisão e edição

Como citar este artigo

SILVA, D de L.; MIRANDA, A. C. G.; FRANCO-PATROCÍNIO, S. de O. Equilíbrio químico: tendências do ensino e aprendizagem em publicações científicas a partir da análise de periódicos nacionais e internacionais. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 44, e53, 2022. DOI 10.5902/2179460X69757. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/2179460X69757>.