

UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO  
FACULDADE DE EDUCAÇÃO  
MESTRADO EM EDUCAÇÃO

Ana Cláudia Tasso dos Santos

**Metacognição e Atividades Experimentais em Ciências:  
cenários da produção em periódicos estrangeiros**

Passo Fundo

2020

Ana Cláudia Tasso dos Santos

Metacognição e Atividades Experimentais em Ciências:  
cenários da produção em periódicos estrangeiros

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação, da Faculdade de Educação, da Universidade de Passo Fundo, como requisito para obtenção do grau de Mestre em Educação, sob a orientação da Profa. Dra. Cleci Teresinha Werner da Rosa.

Passo Fundo

2020

Ana Cláudia Tasso dos Santos

Metacognição e Atividades Experimentais em Ciências:  
cenários da produção em periódicos estrangeiros

BANCA EXAMINADORA

Dra. Cleci Teresinha Werner da Rosa - orientadora  
Universidade de Passo Fundo (UPF)

Dr. Lucken Bueno Lucas  
Universidade Estadual do Norte do Paraná (UENP)

Dra. Adriana Dickel  
Universidade de Passo Fundo (UPF)

Dra. Aline Locatelli  
Universidade de Passo Fundo (UPF)

Ao Totó, meu eterno amor

*A nova educação deve ensinar ao indivíduo como classificar e reclassificar informações, como avaliar sua veracidade, como mudar de categoria quando necessário, como passar do concreto para o abstrato e vice-versa, como olhar os problemas sob uma nova direção - como ensinar a si mesmo. O analfabeto de amanhã não será o homem que não sabe ler; ele será o homem que não aprendeu a aprender.*

Herbert Gerjuoy

*Os que se encantam com a prática sem a ciência são como os timoneiros que entram no navio sem timão, nem bússola, nunca tendo certeza do seu destino.*

Leonardo da Vinci

## RESUMO

Pesquisadores têm indicado a possibilidade de reorientação das ações didáticas a partir da perspectiva da tomada de consciência dos estudantes sobre seus próprios conhecimentos e o posterior controle executivo e autorregulador sobre as ações, entendido por Flavell (1976) como “metacognição”. Apesar de estudos promissores estarem fazendo essa associação com o campo das Ciências, particularmente em relação às atividades experimentais, identificamos poucos trabalhos na literatura brasileira preocupados em discutir tal aproximação e verificar em situações de sala de aula suas possibilidades e contribuições para qualificar a aprendizagem. Frente a esse quadro, elaboramos a seguinte pergunta de investigação: Quais são as características identificadas nas pesquisas estrangeiras que vinculam a metacognição com as atividades experimentais no ensino de Ciências? A partir dela, foi estabelecido como objetivo do estudo analisar a associação entre atividades experimentais e metacognição na produção da área publicizada por periódicos estrangeiros. Para tanto, desenvolvemos um estudo do tipo “estado do conhecimento”, cujas fontes foram identificadas na base ERIC, a partir de descritores previamente selecionados, totalizando um conjunto de 19 artigos publicados em língua inglesa. As características gerais e metacognitivas das pesquisas foram apontadas em categorias. Os artigos foram apresentados por ano, revista periódica, distribuição geográfica, nível de ensino, campo do conhecimento e abordagem metodológica utilizada nas investigações. Dentre as características metacognitivas, foi abordado o lugar da metacognição, o ambiente de aprendizagem relacionado à metacognição, a organização didático-metodológica das atividades experimentais e o entendimento de metacognição. Os resultados evidenciam que as pesquisas sobre a metacognição associadas a atividades experimentais em Ciências continuam em crescimento e têm sido publicadas principalmente em cinco periódicos, quais sejam: *International Journal of Science Education*, *Chemistry Education Research and Practice*, *Journal of Chemical Education*, *Journal of Technology and Science Education* e *The Science Teacher*. Elas estão sendo realizadas, com maior frequência, nos Estados Unidos e aparecem enfocando o ensino de Química na Graduação sob uma perspectiva qualitativa. A organização didático-metodológica presente na maioria dos artigos foi a atividade experimental investigativa em laboratórios reais, realizadas em grupo e sob a orientação de um professor. Em relação às características metacognitivas, destaca-se que a metacognição ocupou um lugar de centralidade em práticas modificadas. O conceito de metacognição predominante na análise dos resultados dessas investigações foi o relacionado às ações regulatórias do pensamento (autorregulação), utilizadas para planejar, monitorar e avaliar este pensamento e a aprendizagem dos estudantes.

**Palavras-chave:** Ensino de Ciências, Laboratório didático, Processos metacognitivos, Produção em periódicos.

## ABSTRACT

Researchers have indicated the possibility of reorientation of didactic actions from the perspective of students' recognition of their own knowledge and the subsequent executive and self-regulate control of actions, presented by Flavell (1976) as "metacognition". Although promising studies are making this association with the field of Sciences, particularly concerning experimental activities, we have identified few articles in Brazilian literature concerned with discussing this approach and verifying in real classroom situations their possibilities and contributions to qualify the learning process. Facing this frame, we elaborate the following research question: What are the characteristics identified in foreign research that links metacognition with experimental activities in Science teaching? From it, it is established as the objective of this study to analyze the association between experimental activities and metacognition in the production of the area published by foreign journals. Therefore, a "state of the knowledge" research was developed, in which was identified in ERIC database, from previously selected descriptors, a set of 19 articles published in English. The general and metacognitive characteristics of the researches were pointed out. The articles were presented by year, periodical magazine, geographic distribution, level of education, the field of knowledge and the methodologic approach used in the investigations. Among the metacognition characteristics, was pointed out the place of metacognition, learning environment related to metacognition, didactic-methodological organization of experimental activities and understanding of metacognition. The results show that research on this topic continues to grow and has been published mainly in five journals, namely: *International Journal of Science Education*, *Chemistry Education Research and Practice*, *Journal of Chemical Education*, *Journal of Technology and Science Education* and *The Science Teacher*. They are being carried out, more frequently, in the United States focusing on the teaching of Chemistry in College from a qualitative perspective. The didactic-methodological organization present in most articles was the inquiry experimental activity in real laboratories, carried out in groups of students and under the guidance of a teacher. Regarding the metacognitive characteristics, we highlight that metacognition played a central role in modified practices. The predominant concept of metacognition in the analysis of the results of these investigations was the regulatory actions of thought (self-regulation) used to plan, monitor and evaluate students' thinking and learning.

**Keywords:** Science teaching, Didactic laboratory, Metacognition processes, Production in journals.

## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 01 – Laboratório de Química da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa em 1950..... | 22 |
| Figura 02 – Representação gráfica dos operadores booleanos .....                                   | 47 |
| Figura 03 – Mapa-múndi indicando os países em que foram desenvolvidos os estudos .....             | 70 |



## LISTA DE QUADROS

|   |    |
|---|----|
| Quadro 01 – Componentes e elementos metacognitivos segundo o entendimento de Rosa (2011) .....      | 41 |
| Quadro 02 – Relação da combinação dos descritores utilizados.....                                   | 48 |
| Quadro 03 – Relação dos artigos selecionados como corpus.....                                       | 49 |
| Quadro 04 – Relação do país e continente em que foi desenvolvido cada um dos dezenove estudos.....  | 70 |
| Quadro 05 – Divisão dos artigos em função dos níveis de ensino dos participantes das pesquisas..... | 72 |
| Quadro 06 – Distribuição dos artigos de acordo com o lugar da metacognição nos artigos....          | 78 |
| Quadro 07 – Artigos conforme o ambiente de aprendizagem .....                                       | 80 |
| Quadro 08 – A metacognição nos artigos analisados .....   | 87 |

## LISTA DE GRÁFICOS

|   |    |
|---|----|
| Gráfico 01 – Distribuição de artigos por ano .....                                      | 67 |
| Gráfico 02 – Distribuição de artigos por periódico .....                                | 68 |
| Gráfico 03 – Quantidade de pesquisas por nível de ensino .....                          | 72 |
| Gráfico 04 – Campo do conhecimento em que foram realizadas as investigações .....       | 74 |
| Gráfico 05 – Campo do conhecimento e ano em que foram realizadas as investigações ..... | 75 |
| Gráfico 06 – Abordagem metodológica de pesquisa utilizada nos estudos. ....             | 76 |
| Gráfico 07 – Lugar da metacognição nas investigações.....                               | 78 |

## SUMÁRIO

|  |    |
|--|----|
| CONSIDERAÇÕES INICIAIS .....   | 11 |
| 1. APORTES TEÓRICOS .....  | 20 |
| 1.1 Atividades experimentais em Ciências .....                               | 20 |
| 1.2 Metacognição .....   | 34 |
| 2. METODOLOGIA.....  | 43 |
| 2.1 Aspectos metodológicos .....   | 43 |
| 2.2 Constituição do <i>corpus</i> .....                                      | 45 |
| 2.3 Descrição dos estudos selecionados .....                                 | 50 |
| 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....  | 66 |
| 3.1 Panorama geral das pesquisas .....                                       | 66 |
| 3.1.1 Distribuição dos artigos por ano.....                                  | 67 |
| 3.1.2 Revista periódica .....  | 68 |
| 3.1.3 Distribuição geográfica .....  | 70 |
| 3.1.4 Nível de ensino.....   | 72 |
| 3.1.5 Campo do conhecimento.....   | 74 |
| 3.1.6 Abordagem metodológica da pesquisa.....                                | 76 |
| 3.2 A metacognição e as atividades experimentais presentes nos artigos ..... | 77 |
| 3.2.1 Lugar da metacognição nas atividades experimentais .....               | 77 |
| 3.2.2 Ambiente de aprendizagem relacionado à metacognição .....              | 79 |
| 3.2.3 Organização didático-metodológica das atividades experimentais.....    | 81 |
| 3.2.4 Entendimento de metacognição presente nos estudos.....                 | 87 |
| CONSIDERAÇÕES FINAIS .....   | 90 |
| REFERÊNCIAS .....  | 95 |

## CONSIDERAÇÕES INICIAIS<sup>1</sup>

Sempre tive muita curiosidade em entender de que maneira as coisas funcionam. Recordo-me de uma tarde em que uma amiga trouxe uma bússola para brincarmos. Foi um momento marcante, pois nunca tinha visto aquilo antes. Não importava o sentido que girávamos aquele pequeno objeto redondo, sua flecha apontava sempre na mesma direção. Confesso que, na época, aquilo se tornou intrigante. Ao chegar em casa, cheia de curiosidade e de vontade de aprender, contei a novidade e pedi a um adulto a explicação do porquê a flecha da bússola sempre voltava ao mesmo lugar. O adulto, mesmo sem ter os conhecimentos científicos necessários à explicação, buscou elementos que me permitissem compreender o fenômeno.

Desde criança considero a atividade de aprender muito prazerosa e valorizo o conhecimento que tenho construído nos diferentes espaços que frequento, como as escolas onde estudei. Em 2000, ingressei na primeira série do Ensino Fundamental na Escola Estadual de Educação Básica Nicolau de Araújo Vergueiro - EENAV, em Passo Fundo, permanecendo até a conclusão da Educação Básica, no terceiro ano do Ensino Médio, em 2010. Foi nesse período que me fascinei, primeiramente, pela Matemática e, posteriormente, pela Física. Durante as aulas, após concluir as atividades proposta pelos professores, auxiliava os colegas, atuando como uma monitora da turma. Paralelo às atividades na escola, tive a oportunidade de fazer curso de Inglês na Escola Fisk a partir dos nove anos de idade, concluindo-o em 2011 na UPF Idiomas. Quando terminei o terceiro ano do Ensino Médio, havia escolhido cursar Licenciatura em Física, mas devido à pressão familiar, adiei o começo da Graduação por dois anos consecutivos.

Em 2012, prestei o Vestibular de Verão na Universidade de Passo Fundo - UPF - e comecei o curso de Licenciatura em Física no ano de 2013, aos 19 anos. O curso possuía uma significativa carga horária de atividades experimentais, as denominadas “Aulas de Laboratório”. A maioria das aulas do curso ocorria nos laboratórios de Física, locais tão agradáveis e convidativos ao aprendizado que a necessidade de ocupar os espaços formais de salas de aula da Instituição levava à lamentação da turma. Julgo que postergar o ingresso na Graduação foi relevante em minha formação, possibilitando que eu pudesse aproveitar de forma mais intensa as aulas e as demais atividades acadêmicas.

---

<sup>1</sup> Em razão da natureza híbrida do conteúdo da Introdução, reservo-me a possibilidade de utilizar diferentes pessoas do discurso, de acordo com o que é apresentado: relatos pessoais, relatos sobre as orientações, relatos sobre os estudos, questões teóricas e metodológicas, etc.

Os quatro anos de duração do curso de Física – L, me permitiram aprofundar os conhecimentos que havia aprendido no Ensino Médio e outros tantos provenientes de minhas leituras e observações dos eventos presentes no mundo. Além disso, me possibilitaram adquirir conhecimentos novos, os quais não haviam sido objeto de meus questionamentos ou mesmo nem sequer sabia da sua existência. Tudo isso, fundou um alicerce sobre o qual poderei continuar construindo infinitas aprendizagens. E foi durante uma aula teórica em uma das disciplinas que me reencontrei com o conhecimento que havia despertado curiosidade em minha infância e que narrei no início deste texto: a flecha que apontava sempre na mesma direção. Lembro com nitidez o momento da explicação do professor acerca da bússola em março de 2015, durante a disciplina de Eletromagnetismo I, e o destaque dado ao modo que ela norteava o caminho dos exploradores na antiguidade. De imediato, veio à mente a lembrança daquele conhecimento que permaneceu por aproximadamente 16 anos silenciado em mim.

Entre as aulas experimentais do curso, tem uma que não poderia deixar de narrar neste momento de apresentação do meu objeto de investigação, por demonstrar o encanto que tive por esse tipo de atividade e, especialmente, pelo enfoque dado a essas atividades de natureza experimental sobre o que me debruço nesta dissertação. Em outro momento da disciplina de Eletromagnetismo I, em maio de 2015, o professor fez questionamentos acerca da relação entre a eletricidade e o magnetismo. Após discussões na turma, geradas pelos diferentes entendimentos sobre o tema, o professor propôs a realização de um experimento histórico que remete ao fenômeno em debate. Nele observamos que a presença de uma corrente elétrica constante em um fio metálico alinhado paralelamente ao meridiano magnético terrestre, indicado pela orientação da bússola, acarretava na deflexão de sua flecha da direção original. O professor explicou que havíamos reproduzido o experimento realizado por Hans Christian Oersted<sup>2</sup> no século XIX e considerado o marco de uma “série de descobertas a respeito da unificação dos fenômenos elétricos e magnéticos” (CHAIB; ASSIS, 2007, p. 41).

O ocorrido levou à discussão da turma sobre o fenômeno e, a partir dela pude compreender cientificamente a bússola, e que em determinadas condições, podemos alterar a direção de sua flecha, questão que permanecia presente e latente em mim desde a infância. Senti um fascínio enorme pelas discussões oportunizadas pela cena presenciada e pelo conhecimento

---

<sup>2</sup> Hans Christian Oersted (1777-1851), cientista dinamarquês, atuou como professor universitário e pesquisador em Física e Química. Dentre suas investigações científicas está o experimento que relaciona a eletricidade com o magnetismo, denominado de “Experiência de Oersted”. Nela é possível observar que a aproximação da bússola a um fio condutor por onde percorre uma corrente elétrica, faz com que sua agulha seja desviada do alinhamento magnético. Isso significa que as cargas elétricas em movimento geram um campo magnético.

adquirido. Um fascínio que tenho até hoje e que foi sendo fomentado nas disciplinas e nas atividades que desenvolvia nos projetos que participava.

Durante o curso participei de diversos eventos, apresentei trabalhos científicos e fui bolsista no Programa Institucional de Iniciação à Docência - Pibid<sup>3</sup>, estagiária na Escola Municipal Ensino Fundamental Coronel Lólico pelo Projeto Parceira e Educação e Trabalho - Propet<sup>4</sup>, Aluna Apoiadora no Programa de Aulas de Apoio da UPF<sup>5</sup>, bolsista de Iniciação Científica Pibic/CNPq e auxiliar na biblioteca do Instituto Federal de Ciência e Tecnologia Sul-Rio-Grandense - IFSul.

As atividades desenvolvidas no Pibid se caracterizavam por intervenções em escolas de Educação Básica no município de Passo Fundo, cuja preparação ocorria nos laboratórios de Física da UPF. No PROPET eu acompanhava crianças com necessidades especiais durante as aulas em uma escola municipal da cidade. No Projeto Aluno Apoiador criei um grupo de estudos, focado em Física e Matemática, com encontros semanais. A participação como bolsista de Iniciação Científica Pibic/CNPq, envolveu a atuação no projeto de pesquisa “Metacognição e afetividade nos processos educativos” sob orientação da professora Dra. Cleci Teresinha Werner da Rosa, que igualmente atribuo parte da identificação do problema de pesquisa que pretendo discutir neste trabalho. Não apenas atribuo à identificação do tema de dissertação, mas também ao que desenvolvi no Trabalho de Conclusão de Curso – TCC, do qual falarei posteriormente. Na pesquisa desenvolvida por meio da iniciação científica, investigamos 624 alunos do Ensino Médio de escolas públicas do município de Passo Fundo a respeito de seus conhecimentos e habilidades metacognitivas e apresentamos os resultados em eventos científicos. Por fim, menciono a minha atuação no IFSul onde exerci a função de auxiliar na biblioteca, cujas principais atividades consistiam em empréstimo e devolução de livros, organização do ambiente e auxílio nas demais atividades solicitadas. A participação nesse estágio foi relevante para a minha formação porque desenvolvi habilidades para encontrar os livros mais rapidamente nas prateleiras das bibliotecas e, também, tive a oportunidade de conversar com as bibliotecárias sobre realizar pesquisas em base de dados.

---

<sup>3</sup> O Pibid é um programa do Governo Federal que oferece bolsas de iniciação à docência aos alunos de cursos presenciais de licenciatura que se dediquem ao estágio nas escolas públicas com o objetivo de antecipar o vínculo entre os futuros professores e essa rede de ensino.

<sup>4</sup> O Propet é uma plataforma *online* que reúne acadêmicos que procuram vagas e empresas que oferecem essas oportunidades, tanto para estágios obrigatórios quanto para emprego.

<sup>5</sup> O projeto Aluno Apoiador faz parte do Programa Aulas de Apoio e propõe a atuação de alunos no apoio a estudantes com dificuldades de aprendizagem e/ou portadores de necessidades especiais. O aluno apoiador pode oferecer aos outros universitários da UPF: auxílio nas dificuldades, grupos de estudos, acessibilidade pedagógica e de locomoção.

Ainda com relação a minha formação, quero destacar o estudo que desenvolvi no TCC, cuja proposta inicialmente apresentada estava pautada pela busca em analisar sentimentos e aprendizagem dos alunos em relação à Física quando iniciam o contato com a disciplina desde os primeiros anos do Ensino Fundamental – um estudo de caso em uma escola particular em Passo Fundo. O desejo estava em analisar o grau de influência que conviver com os conteúdos de Física desde o início da escolarização exerce sobre aproximações e sentimentos positivos com a disciplina. Contudo, o projeto foi tomando outros rumos e acabei direcionando o estudo para uma investigação relativa ao estado do conhecimento nas pesquisas envolvendo afetividade e ensino de Física, intitulada “Visão atual das pesquisas sobre afetividade e ensino de Física: uma revisão na produção nacional”. Nela mapeamos as recentes produções nacionais na temática, examinando padrões contextuais e conceituais emergentes nesses estudos (ROSA; DARROZ; SANTOS, 2017).

As experiências já relatadas foram essenciais para meu desenvolvimento pessoal e profissional. As dificuldades profissionais no magistério, especialmente em termos de infraestrutura e remuneração, fortaleceram meu interesse em continuar me qualificando para exercer a profissão como docente no Ensino Superior.

Com a conclusão do curso de Graduação em final de 2016, decidi que iria participar do processo seletivo do curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Educação (PPGEdu) da UPF, que seria realizado na metade do ano seguinte. A escolha do Programa ocorreu pela tradição na pesquisa educacional, demonstrada ao longo dos 20 anos de sua existência, bem como pela oportunidade de conhecer professores, pesquisadores e discentes das mais variadas áreas. Com a intenção de me aproximar do Programa e como alternativa para, novamente, não interromper os estudos, ainda no primeiro semestre, me matriculei como aluna especial no *Seminário Avançado: (Inter) Subjetividade e linguagem na produção de sentidos: abordagens culturais e enunciativas*, oferecido pelo PPGEdu. Na primeira aula confesso que cheguei a questionar minha presença naquele espaço, dadas as dificuldades com os conteúdos em discussão. Contudo, no decorrer dos encontros e com o avançar das leituras e debates, fui paulatinamente aumentando o entendimento sobre o assunto e antes mesmo do encerramento do seminário, soube que era exatamente ali que eu deveria e queria estar.

Naquele semestre obtive êxito no processo seletivo realizado para a Linha de Pesquisa *Processos Educativos e Linguagem* e ingressei como aluna regular no segundo semestre de 2017. O anteprojeto de dissertação que apresentei por ocasião da seleção do mestrado versava sobre estudo da presença e da influência da dimensão afetiva nas atividades experimentais metacognitivas. Tal temática reunia o trabalho de conclusão de curso, a pesquisa que desenvolvi

como bolsista de iniciação científica e a minha paixão pelas atividades experimentais. Nos encontros com minha orientadora, o tema de pesquisa foi sendo adequado às leituras e discussões realizadas no grupo de pesquisa e chegou ao recorte de estudar a relação da metacognição e atividades experimentais. Em função desse tema já ter sido explorado desde perspectivas didáticas e de operacionalização no contexto do Ensino Médio pela orientadora, segui seu conselho de buscar novas perspectivas de associação dessas temáticas.

Por fim, este relato denota minha aproximação com o objeto de investigação, a paixão que nutro pela temática e o percurso acadêmico que trilhei até aqui, todavia, meu problema de pesquisa não está definido apenas por isso, mas a partir disso. Na maioria das atividades experimentais de que participei como aluna ou estagiária, observei que o modo como as atividades experimentais têm sido realizadas, especialmente na Educação Básica, tem se limitado a seguir roteiros estruturados, previamente elaborados pelos professores ou manuais didáticos e cujos resultados igualmente são previstos por eles. Esse modelo tem sido questionado na literatura, por produzir pouco efeito em termos de qualificação da aprendizagem (BORGES, 2002).

Entretanto, mesmo frente a novas alternativas de organização dessas atividades experimentais, Biagini e Machado (2014, p. 901, grifo nosso), afirmam que “a apropriação dos conhecimentos científicos na educação escolar não é garantida pela realização de experimentos, ainda que eles possam contribuir para o processo de ensino e aprendizagem, estando *essa contribuição relacionada à maneira como são abordados*”. Esse argumento encontra respaldo na literatura especializada nacional e estrangeira, especialmente nos trabalhos de Hodson (1988), Pinho-Alves (2000), Rosa (2001; 2011), Borges (2002), Gonçalves (2009), dentre outros.

Dentre as críticas tecidas a essas atividades, estão aspectos como a pouca contribuição na apropriação dos conhecimentos, apesar de apresentarem um forte potencial motivacional, mas que aos olhos dos pesquisadores tem sido insuficiente para garantir sua presença nas aulas de Ciências (BORGES, 2002; FERREIRA, 1978). Nesse contexto, surgem questionamentos como: que atividades experimentais têm sido privilegiadas nas escolas de Educação Básica? Qual o entendimento dos professores sobre o papel dessas atividades na apropriação dos conceitos em Ciências? De que forma a abordagem didático-metodológica utilizada pela maioria dos professores tem contribuído para qualificar a aprendizagem em Ciências? Por que realizar atividades experimentais em Ciências?

Estudos como o desenvolvido por Hodson (1988) mostram que as atividades experimentais como tradicionalmente presentes nas escolas e inclusive nas universidades, estão



relegadas a um processo de reprodução de passos e na busca de resultados previamente previstos pelo professor ou pelo livro. Este modelo que está apoiado na utilização de roteiros altamente estruturados, que limita o processo de construção dos conceitos, pois restringe significativamente a liberdade de ação do aluno, dificultando sua atuação como sujeito ativo do seu próprio processo de construção dos conhecimentos. Essa necessidade de participação intelectual do sujeito remete ao construtivismo, cujo aspecto central está em oportunizar que os estudantes sejam construtores de seus conhecimentos, o que em uma atividade experimental com roteiros altamente estruturados, acaba por ser prejudicada.

Além desse aspecto, o autor, assim como Borges (2002) e Gil-Pérez e Valdés (1996), chama a atenção para o caráter empirista-indutivista presente em grande parte das atividades experimentais, mencionando que ele pouco contribui para efetivação dessas atividades como favorecedoras da aprendizagem em Ciências. Essa visão epistemológica faz com que o aluno atribua a fonte de conhecimento à observação - nesse entender, livre de crenças e preconceitos - que induziria à formulação de leis e teorias. Em outras palavras, na visão empirista-indutivista, o conhecimento científico se constrói a partir do que é proporcionado pela observação.

A ênfase dada nas atividades experimentais ao método científico é outro aspecto que tem sido criticado por autores como Pinho-Alves (2000), por exemplo. De acordo com ele, o método experimental “é um processo elaborado historicamente para construção do conhecimento científico” e “em nenhum momento do percurso histórico do método experimental houve alguma menção de que seria também um processo para ensinar conhecimento científico (ciência)” (p. 197).

Por fim, com relação às críticas inferidas sobre o modo como as atividades experimentais são desenvolvidas, surge o estudo de Rosa (2011) que mostra que essas atividades pouco favorecem o processo de reflexão dos alunos sobre a forma como aprendem e os mecanismos cognitivos que põe em movimento para aprender. A autora infere que tais atividades deveriam ser estruturadas de forma a privilegiar a tomada de consciência dos estudantes sobre seus conhecimentos (ou a falta deles) e sobre as características da tarefa a ser realizada. Além disso, a autora aponta a necessidade de os alunos aprenderem a autorregular suas ações, recorrendo a um planejamento, monitorando e avaliando o que realizaram durante a atividade. Identificando tais processos com o pensamento metacognitivo, Rosa (2011) aponta que as atividades experimentais organizadas por roteiros rígidos como os altamente estruturados e mencionados anteriormente, com resultados antecipados pelos professores, pecam em favorecer a evocação de pensamentos de cunho reflexivo.

Na mesma linha, autores como Hennessey (2003), Hattie (2012), Fadel, Biliak e Trilling (2015), entre outros, mostram que a identificação dos próprios conhecimentos e a habilidade de regular e controlar o pensamento, entendidos pelos autores como “metacognição”<sup>6</sup>, se revela essencial na qualificação da aprendizagem. Tal inferência leva em consideração que ao tomar consciência de seus próprios conhecimentos e controlar suas ações, os sujeitos se tornam mais bem-sucedidos na busca por atingir seus objetivos. A reflexão do pensamento promove o questionamento que, conforme Santos (2008), decorre da liberdade de pensamento. De acordo com o autor, os estudantes precisam voltar-se “às coisas simples, à capacidade de formular perguntas simples, perguntas que, como Einstein costumava dizer, só uma criança pode fazer mas que, depois de feitas, são capazes de trazer uma luz nova à nossa perplexidade” (p. 15).

Malone (2008), Pol et al. (2009), Rosa, Ribeiro e Rosa (2018) partidários dessa compreensão, inferem que os alunos que evocam tal pensamento acabam por apresentar melhores rendimentos acadêmicos em relação aos que não se revelam usuários dessa forma de pensamento. Portanto, mais do que possibilidade, a reflexão sobre os processos cognitivos se revela essencial para a aprendizagem em Ciências, inclusive em se tratando do uso das atividades experimentais. A metacognição, assim como as atividades experimentais, será tratada com maior profundidade no capítulo dedicado ao aporte teórico.

Imbuindo-se do desejo de repensar o papel das atividades experimentais presentes no ensino de Ciências e de ofertar possibilidades de alterar a situação relatada nos parágrafos anteriores, descreve-se aquilo que fundamenta o objeto dessa dissertação e que rege a formulação da questão de pesquisa. Antes, porém, menciona-se que o percurso acadêmico realizado, bem com as leituras no campo das atividades experimentais e da metacognição, permitiram identificar que um problema de pesquisa nasce daquilo que “dispomos no fundo de nós mesmos: conhecimentos de diversas ordens – brutos e construídos – entre esses conceitos e teorias” (LAVILLE; DIONNE, 1999, p. 97). Portanto, as experiências vivenciadas ao longo do processo formativo possibilitaram identificar o problema que buscamos responder com este estudo.

Esse problema que agora começa a ser lapidado parte da necessidade de agregar momentos de tomada de consciência e autorregulação às atividades experimentais e levam a um olhar sobre a literatura de modo a identificar estudos que assim como os defendidos por

---

<sup>6</sup> Por “metacognição” entendemos o processo de tomada de consciência do sujeito sobre o próprio conhecimento e o controle executivo e autorregulador da ação sobre ele no momento de realizar alguma atividade, como a aprendizagem, por exemplo. Esse entendimento que será explorado ao longo do texto toma como referência os estudos de Flavell (1976;1979), considerado o precursor no uso desse termo.

Rosa (2011) tenham como foco momentos de evocação do pensamento metacognitivo. Tal necessidade possibilitou identificar que, na literatura nacional, essa associação é ainda incipiente e revela-se carente de estudos, especialmente no sentido de propor alternativas para a sua chegada à sala de aula. Ao analisar periódicos do campo da Educação em Ciências, identificou-se, a exemplo do realizado por Rosa, Darroz e Rosa (2017), um conjunto de cinco trabalhos, sendo que três deles são de Rosa, dois associados à sua tese de doutorado e um vinculado a estudo posterior.

Diante da conjuntura nacional de pouca ênfase à associação das atividades experimentais com a metacognição, reconheceu-se a necessidade de buscar essa discussão em periódicos estrangeiros, de modo a responder as seguintes perguntas: Qual a organização didático-metodológicas das atividades experimentais em Ciências vinculadas a metacognição que são desenvolvidas em territórios estrangeiros? Qual aspecto da metacognição é priorizado nesses estudos?

Nesse contexto impôs-se o refinamento do problema de pesquisa, sintetizado pelo seguinte questionamento: *quais são as características identificadas nas pesquisas estrangeiras que vinculam a metacognição com as atividades experimentais no ensino de Ciências?* Diante desse questionamento, tem-se como objetivo *analisar a associação entre atividades experimentais e metacognição na produção da área publicizada por periódicos estrangeiros*

Para tanto, buscamos contemplar aos seguintes objetivos específicos: realizar uma retrospectiva da inserção das atividades experimentais no ensino de Ciências no contexto da educação brasileira; relatar a origem e polissemia da metacognição, buscando circunscrevê-la aos processos educativos no campo da Educação em Ciências; identificar estudos que associam a metacognição às atividades experimentais desenvolvidas no campo da Educação em Ciências; e identificar possibilidades didáticas para utilização das atividades experimentais associadas ao pensamento metacognitivo.

Nesse contexto, temos uma pesquisa bibliográfica do tipo “estado do conhecimento” seguindo o proposto por Romanowski e Ens (2006). Como fonte de dados selecionamos a base de dados ERIC - *Education Resources Information Center*, tomando como *corpus* de investigação artigos publicados em periódicos, disponíveis *online*, do período de 2000-2017. A justificativa para a seleção dessa base de dados assim como o recorte no período para o estudo são objeto de discussão do capítulo referente à metodologia. Nele também estão referenciadas as escolhas por uma pesquisa de abordagem qualitativa e pelo método “estado do conhecimento”.

Além do mencionado capítulo e da presente introdução, o texto está constituído por outros dois capítulos. O capítulo que segue essa introdução versa sobre uma reflexão envolvendo as atividades experimentais no campo da Educação em Ciências, seus diferentes espaços e tempos, bem como um apanhado sobre o entendimento de metacognição frente às diferentes compreensões que têm subsidiado as investigações. No capítulo seguinte são apresentados os aspectos metodológicos que regem a pesquisa, o *corpus* do estudo e a análise dos estudos selecionados. Ademais o texto compreende a discussão dos resultados do estudo a partir das categorias estabelecidas a *priori* e, por fim, as considerações finais ressaltando as principais características e possibilidade de novas investigações.

## **1. APORTES TEÓRICOS**

O presente capítulo é dividido em duas partes que compõem essencialmente o objeto de discussão dessa dissertação: as atividades experimentais e a metacognição. No subcapítulo dedicado às atividades experimentais, é realizada uma retrospectiva histórica da inserção das “aulas de laboratório” no ensino de Ciências a partir de acontecimentos no Brasil e no mundo, baseada nas discussões de autores nacionais e estrangeiros. Na sequência, são apresentados alguns formatos de atividades experimentais desenvolvidas sob a orientação construtivista.

O segundo subcapítulo ocupa-se da discussão a respeito do entendimento do termo metacognição, apresentando suas origens e variações. O objetivo está em discutir as especificidades do conceito e que servirão de referencial para a analisar a sua aproximação com as atividades experimentais. Com isso, pretende-se relatar a origem e polissemia da metacognição, buscando circunscrevê-la aos processos educativos no campo da Educação em Ciências.

### **1.1 Atividades experimentais em Ciências**

A necessidade de desenvolver atividades experimentais no ensino de Ciências surge no final do século XIX, quando o ensino de Ciências é oficialmente incorporado aos conteúdos ensinados pelas escolas de Educação Básica. Nessa época, havia o entendimento de que o laboratório de Ciências – como é popularmente conhecido - é uma peça fundamental para as aulas de Ciências sejam realizadas de modo adequado. Essa situação fica visível ao estudar a inserção do ensino de Ciências nos Estados Unidos e na Europa.

Os currículos das escolas europeias e norte-americanas do início do século XIX estavam compostos pelos estudos considerados clássicos, tais como a Gramática e a Matemática (DEBOER, 2006). Esse cenário apenas viria a se modificar com a valorização das Ciências promovida pelos cientistas da época sob o argumento de que o desenvolvimento intelectual suscitado por seu ensino não era oferecido pelas disciplinas já existentes. Esse desenvolvimento intelectual passou a ser especialmente prestigiado à medida que as descobertas científicas e inovações tecnológicas foram transformando o mundo contemporâneo (DEBOER, 2006).

A Matemática e a Gramática eram ensinadas utilizando a lógica dedutiva para obter inferências das regras previamente estabelecidas. Em contrapartida, as Ciências possibilitavam praticar a lógica indutiva ao construir os princípios gerais da natureza a partir de observações, ou seja, pelo método científico. Um dos principais defensores da inclusão das Ciências no

currículo escolar foi o biólogo britânico Thomas Huxley (1825-1895) que ratifica o exposto ao afirmar que

O grande diferencial do aprendizado científico, que o torna insubstituível por qualquer outra disciplina, é a forma com que aproxima a mente ao fato e o treinamento do intelecto na lógica indutiva, ou seja, a capacidade de extrair conclusões de fatos particulares conhecidos pela observação direta da natureza<sup>7</sup> (HUXLEY, 1899 apud DEBOER, 2006, p. 22).

A visão do ensino de Ciências manifesto por Huxley se tornou uma justificativa para a emergência do Laboratório de Ciências nos anos seguintes, local considerado propício para realização dessas observações. A inclusão das Ciências como disciplina escolar e o surgimento do Laboratório Didático – que na época ainda não recebia essa denominação – recebeu suporte de outros intelectuais do século XIX, dentre os quais destacam-se dois. Charles Eliot (1834-1926), químico norte-americano e presidente da Universidade de Harvard de 1869 a 1895, foi o responsável por introduzir os estudos em laboratório nos currículos universitários dessa Instituição. Eliot acreditava que o contato direto com o mundo natural proporcionado pelo laboratório permitiria alcançar uma visão mais clara e imparcial, que não seria possível de ser atingida por meio dos livros didáticos (DEBOER, 2006).

O filósofo, biólogo e antropólogo britânico Herbert Spencer (1820-1903) acrescentou que a aprendizagem dos princípios gerais da natureza teria maior duração na memória dos estudantes quando construídas a partir de observações e que esse processo de investigação tornaria o estudante independente da autoridade do professor. Todavia, apesar dos esforços empreendidos por esses intelectuais e por tantos outros proeminentes na época, o livro didático permaneceu como estratégia didática predominante, cedendo espaço para o laboratório de Ciências apenas no século subsequente (DEBOER, 2006).

No Brasil, ao fazer uma retrospectiva histórica sobre o uso do laboratório no ensino de Química, Sicca (1996) declara que o ensino de Ciências nas escolas secundárias de São Paulo iniciou em 1880 sob regência do professor Dr. Bento de Paula e Souza. A autora segue narrando que a aquisição de um laboratório semelhante aos utilizados na França pelo professor Dr. Paulo Bourroul, em 1881, indicava a preocupação em realizar atividades experimentais nesse ensino. No entanto, os registros encontrados pela autora assinalam que as atividades experimentais

---

<sup>7</sup> *The great peculiarity of scientific training, that in virtue of which it cannot be replaced by any other discipline whatsoever, is this bringing of the mind directly into contact with fact, and practicing the intellect in the completes form of induction; that is to say, in drawing conclusions from particular facts made known by immediate observation of Nature.*

teriam sido introduzidas apenas em 1887 por um terceiro professor, conforme ilustra a passagem a seguir:

[Apesar] de haver um laboratório de física e química, o ensino dessas matérias era puramente teórico; felizmente foi nomeado preparador o estudante João Pinheiro da Silva, mais tarde presidente de Minas, o qual fez o ensino prático (ESCOBAR, 1933 apud SICCA, 1996, p. 117).

Esse fato pressagia a história percorrida pelos laboratórios de Ciências nas escolas secundárias do Estado de São Paulo. Incentivada por movimentos que buscavam a “inovação educacional”, a experimentação só foi oficialmente introduzida no ensino de Química em 1931 pela Reforma Francisco Campos que determinava que essa disciplina fosse orientada pelos preceitos do método experimental (FERREIRA; HARTWIG, 2004).

Os procedimentos metodológicos estabelecidos para essas aulas prescreviam a realização de uma grande quantidade de demonstrações pelo professor para ilustrar a teoria, uma visão epistemológica racionalista na qual o conhecimento teórico vem antes do experimental, cuja função é “comprovar” a teoria. Nessa visão, os alunos desenvolviam um número reduzido de exercícios práticos a fim de comprovar ou verificar o conhecimento já ensinado (SICCA, 1996). Situação semelhante foi vivenciada na Universidade de Lisboa no século XX.

Paulo Nuno Martins (2017) descreve as contribuições de vários professores em instituições portuguesas para o desenvolvimento da Química Orgânica entre 1900 e 1970. Esse autor relata que as aulas realizadas em laboratório eram consideradas um complemento para as ministradas nas salas de aula da Universidade de Lisboa, na primeira metade do século XX.

Figura 01 – Laboratório de Química da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa em 1950



Fonte: Martins (2017, p. 372)

A Figura 01 mostra um laboratório dessa Instituição que evidencia o papel ocupado pelos estudantes ao assistirem, sentados na plateia de uma espécie de anfiteatro, os experimentos realizados pelos professores na mesa de demonstrações, localizada onde seria o palco. O trabalho desenvolvido pelo professor Aquiles Machado e continuado pelo professor António Pereira Forjaz levou à construção de um laboratório que se tornou referência no estudo experimental de Química. Considerado um dos maiores da Europa na segunda metade do século XX, o laboratório ocupava 860 m<sup>2</sup> de área e incluía um Anfiteatro de Química que tinha capacidade para cerca de 200 alunos (MARTINS, 2017).

No Brasil, a conjuntura dos procedimentos metodológicos utilizados nas aulas de laboratório começaria a se modificar em 1942 com a promulgação da Reforma Capanema. O foco estava em tornar os alunos mais ativos, isto é, eles deveriam realizar os experimentos manuseando os materiais, desenvolvendo habilidades de laboratório e utilizando o método experimental (SICCA, 1996). A mudança implicou também em alterações no *layout* do laboratório. A esse respeito, a autora afirma que

Se anteriormente os laboratórios possuíam mesa para demonstrações e um auditório para os alunos assistirem às mesmas, de acordo com o novo ideário a existência das mesas para demonstrações não seria suficiente e o espaço do laboratório precisava ser aumentado, construindo-se bancadas para os alunos realizarem exercícios práticos (SICCA, 1996, p. 119).

O Instituto Brasileiro de Educação, Ciências e Cultura (IBECC), que era a Comissão Nacional da Unesco no Brasil, foi criado em 1946 para “promover a melhoria da formação científica dos alunos que ingressariam nas instituições de ensino superior e, assim, contribuir de forma significativa ao desenvolvimento nacional” (BARRA; LORENZ, 1986, p. 1971). No início da década de 1950, o IBECC assume a tarefa de transformar o ensino de Ciências brasileiro ao identificar sua debilidade, introduzindo o método experimental em sala de aula. Assim, surgem em 1952 os *kits* de Química – caixa contendo materiais para realização de experimentos – que foram os primeiros materiais produzidos pelo Instituto. A novidade repercute inicialmente no estado de São Paulo, expandindo-se em nível nacional com a aquisição de 100 unidades pelo Ministério da Educação (BARRA; LORENZ, 1986).

Em 1955, surgiu o movimento de valorização do ensino experimental nos Estados Unidos que se estendeu a mais de cinquenta países distribuídos na África, América Latina, Ásia e Europa. Os líderes desse movimento acreditavam que a Ciência deveria ser ensinada tal como é praticada pelos cientistas para torná-la a mais autêntica possível (DEBOER, 2006, p. 27).



O fruto desse movimento foi a publicação dos projetos *Biological Science Curriculum Study* (BSCS), *Physical Science Study Committee* (PSSC), *Project Physics Course* (PPC), *Chemical Education Material Study* (CHEMS ou *CHEM Study*) e *Chemical Bond Approach* (CBA) nos Estados Unidos e os cursos Nuffield de Biologia, Física e Química na Inglaterra (GONÇALVES, 2005; KRASILCHIK, 2000; PINHO-ALVES, 2000). Um dos pontos de convergência desses projetos foi o “desenvolvimento de materiais especializados, como livros didáticos, manuais de laboratório, guias para o professor, equipamentos de laboratório, filmes, estudos de caso, leituras suplementares, e materiais desenvolvidos para alunos especiais, e outros” (LORENZ, 2008, p. 10).

O PSSC, primeiro projeto educacional e um dos mais significativos desse movimento, iniciado em 1957 no *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) nos EUA, foi traduzido e difundido no Brasil pela Universidade de São Paulo entre 1961 e 1964. Ao apresentar uma proposta metodológica revolucionária, “o PSSC teve o mérito de modificar substancialmente a percepção do que se entendia por ensino de Física até aquela época” (PINHO-ALVES, 2000, p. 26). Dentre os avanços trazidos pelo projeto, o autor destaca a incorporação de tópicos - que eram pouco presentes - em uma sequência nova de conteúdo, apresentação de textos com uma linguagem moderna e a inserção do laboratório como parte integrante do curso na perspectiva de inter-relação com a teoria.

Outra novidade trazida pelo PSSC foi a equiparação em termos de importância entre o ensino teórico e as atividades desenvolvidas em laboratório. Nessas últimas, os alunos deveriam se reunir em pequenos grupos para realização dos experimentos, que estavam estruturados em *kits*, contando com o apoio de um guia de laboratório que orientava o desenvolvimento da atividade. Rosa (2011) menciona que essa pode ser considerada a característica mais marcante do PSSC para o ensino de Física, se fazendo presente até hoje nas aulas desenvolvidas em laboratório.

Buscando oferecer uma alternativa ao PSSC, cuja crítica recaía sob o pouco viés histórico-social presente nas atividades propostas, foi concebido o projeto *Project Physics Course* em 1963. Nele, a Física era mostrada em seu desenvolvimento histórico e social, agregando saberes das disciplinas de História, Filosofia e Política. Pinho-Alves (2000, p. 32) destaca que “mesmo enfatizando o aspecto humanístico, a figura do aluno ‘pequeno cientista’, continuava viva e forte”. Uma singularidade de sua proposta é que algumas das atividades experimentais que constituíam o projeto podiam ser realizadas de diferentes maneiras.

O segundo maior projeto no período foi o *Biological Science Curriculum Study*, desenvolvido na *University of Colorado* e inaugurado em 1959. A equipe de trabalho

responsável pelo projeto decidiu apresentar três livros nos quais os temas unificadores dos conteúdos estavam dispostos em ordens diferentes, mas que pretendiam alcançar os mesmos objetivos. Para Krasilchik (1980, p. 170), a proposta “resultava da convicção de que havia inúmeras possibilidades de organização dos mesmos conteúdos e que era, portanto, possível e desejável desenvolver pelos menos algumas das combinações mais interessantes dos vários tópicos”. Nessa perspectiva, foi criada a Versão Amarela, que iniciava o estudo pelo nível celular, a Versão Azul, pelo nível molecular, e a Versão Verde, pelo nível comunitário. Além disso, havia a Versão *Patterns and Processes*, dedicada a alunos com dificuldade de aprendizagem (LORENZ, 2008, p. 11).

O projeto *Chemical Bond Approach* foi desenvolvido entre 1958 e 1959 para ser uma alternativa ao currículo descritivo e aplicado, existente nas escolas da época. Esse projeto “focalizou os princípios básicos da Química, e a natureza e a relação entre a investigação e a teorização; pretendia desenvolver as habilidades analíticas dos alunos por destacar as relações lógicas e qualitativas entre os fatos químicos” (LORENZ, 2008, p. 12). Para Giesbrecht, em Sicca (1990), o marco do CBA foi o de conduzir os alunos a refletirem sobre o conhecimento ao invés de simplesmente memorizá-lo.

O segundo projeto de Química foi criado em 1960 na *University of California at Berkeley* e intitulado de *Chemical Education Material Study*. Ao versar sobre esse projeto, Gonçalves (2005, p. 12) afirma que uma de suas características “era a visão empirista de Ciência, salientando o entendimento de que: todo o conhecimento deriva da experimentação; e os sentidos fornecem as bases seguras para a Ciência”. Os experimentos realizados em laboratório eram organizados na perspectiva do “ensino por descoberta” no qual os alunos inferiam os princípios teóricos a partir de observações e de coleta de dados (LORENZ, 2008, p. 12).

O projeto Nuffield, elaborado na Inglaterra em 1962, abrangia a elaboração de materiais para as disciplinas de Biologia, Física e Química. O projeto propunha uma reorganização curricular do ensino de Ciências com objetivo de torná-lo mais excitante para o aluno e possibilitar a compreensão do que é a ciência e do que significa ser um cientista (PINHO-ALVES, 2000). Além disso, o projeto encorajava a realização de experimentos pelos alunos com a distribuição de um *kit* para cada dupla.

O movimento de renovação do ensino de Ciências e os projetos curriculares americanos e ingleses se propagaram em vários países ao longo do tempo. A criação de instituições que se encarregaram de modificar a forma com que a Ciência era ensinada nas escolas brasileiras

precedeu o movimento de renovação do ensino dessa disciplina em vários países, o que conferiu um caráter peculiar à situação do Brasil (KRASILCHIK, 1980).

Contudo, a falta de professores experientes no ensino de Ciências que pudessem assumir a concepção, em um curto prazo, de materiais didáticos para utilização por professores e alunos, tornou-se um empecilho para que o Brasil assumisse o pioneirismo na renovação dessa disciplina. A solução encontrada, segundo Krasilchik (1980, p. 172), foi

[...] adaptar os melhores materiais disponíveis, e queimar muitas etapas do trabalho. Assim, os professores teriam a sua disposição uma pluralidade de opções e ideias, no menor tempo possível. No IBECC, no CECISP (Centro de Treinamento para Professores de Ciências de São Paulo) e nos outros Centros de Ciências na década de 60 procedeu-se a um intenso esforço para tradução do PSSC, do CBA e do Chem Study e adaptações das Versões Azul e Verde do BSCS.

A centralização do sistema de ensino brasileiro, vigente até o início da década de 1960, constituiu o principal obstáculo enfrentado na adoção desses projetos porque não possibilitava a flexibilização da seleção e organização dos conteúdos (BARRA; LORENZ, 1986, p. 1973). A mudança de legislação permitiu sobrepor essa barreira. A promulgação da primeira Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB), em 1961, revogou a obrigatoriedade dos programas oficiais e a Lei nº 5.692/71 remodelou a estrutura do ensino de primeiro e segundo grau, oportunizando a renovação do ensino de Biologia, Física, Química e Ciências (KRASILCHIK, 1980).

A tradução e a divulgação desses projetos de ensino de Ciências no Brasil conferiram uma inflexão no formato dos laboratórios ao utilizar o “método de ensino por descoberta” para transformar o estudante em um minicientista (RODRIGUES; BORGES, 2008). Sobre esse novo formato, Sicca destaca que

O professor deveria, assim, criar condições para que o aluno pudesse através de experiências, realizadas em laboratório, redescobrir as leis e princípios fundamentais da Química. O aluno, então, pelo uso de um roteiro pré-elaborado, seguia as etapas do “método científico”: observar, coletar dados, buscar regularidades e estabelecer generalizações coincidentes com as dos cientistas (SICCA, 1996, p. 120).

A abordagem metodológica desses projetos foi revolucionária frente ao paradigma existente, apresentando grandes avanços em relação aos antigos livros didáticos. As principais modificações incidem sobre os objetivos da educação, a sequência de conteúdo, as metodologias de ensino, um comportamento mais ativo dos alunos, um laboratório presente e contextualizado (PINHO-ALVES, 2000).

A publicação de mais de 400 mil exemplares do PSSC evidencia o esforço empenhado na divulgação da tradução dos principais projetos americanos em escolas brasileiras. No entanto, os resultados de um programa de avaliação “demonstraram a pouca repercussão dos materiais e o seu fraco impacto sobre a aprendizagem dos alunos no sentido de desenvolvimento das habilidades pretendidas” (BARRA; LORENZ, 1986, p. 1976). As possíveis causas da parca utilização desses projetos estão relacionadas a questões como as precárias condições da infraestrutura da maioria das escolas e a carga horária dedicada à disciplina ser muito aquém da necessária para implantação da proposta na íntegra (PINHO-ALVES, 2000). Barra e Lorenz (1986) acrescentam que o despreparo dos professores também dificultou o uso dos novos materiais didáticos.

A preocupação com a situação do ensino de Ciências e o fato de que os projetos americanos e ingleses não apresentaram uma solução satisfatória para a realidade do país, começou a induzir a formação de grupos para liderar os projetos nacionais na década de 1970. A elaboração de doze projetos para o “desenvolvimento de materiais didáticos que, especificamente, atendiam às necessidades das escolas brasileiras” (LORENZ, 2008, p. 20) entre 1972 e 1980, marcou o segundo momento de inovações no ensino de Ciências no Brasil. Dentre os projetos desenvolvidos nesse período, constavam o *Projeto de Ensino de Física*, o *Projeto Nacional para o Ensino de Química no Segundo Grau* e o *Projeto de Ensino de Ciências* (BARRA; LORENZ, 1986, p. 1979-1980). Os autores resumizam que os projetos nacionais foram inspirados nos mesmos princípios dos projetos estrangeiros, como a reestruturação dos conteúdos, diminuição da memorização e ênfase na participação ativa do aluno no processo de investigação científica.

Na mesma velocidade em que a produção de projetos nacionais diminuía no final da década de 1970, aumentava a quantidade de cursos de formação para professores. Essas atividades de formação docente vieram em um momento oportuno visto que a implementação dos materiais didáticos dependia da existência de professores habilitados a trabalhar com esses recursos (BARRA; LORENZ, 1986). Rosa (2001) infere que esses cursos priorizavam a construção de equipamentos em detrimento da discussão sobre as possibilidades metodológicas para sua utilização.

Outra presença marcante nesse período foi o modelo de “laboratório tradicional”, formato em que as atividades experimentais eram desenvolvidas e que ainda se encontram presentes na maioria das aulas no país. Nesse modelo, os alunos dividem-se em pequenos grupos para executar um experimento orientado por um roteiro-guia altamente estruturado que restringe sua liberdade de ação e seu poder de decisão. Os principais objetivos dessa modalidade

de laboratório são: verificar leis ou fenômenos que aliem a teoria à prática, introduzir o estudo do método científico, desenvolver habilidades de manuseio de instrumentos de medida e equipamentos no geral e motivar os alunos a estudar Física (FERREIRA, 1978; BORGES, 2002).

Encontra-se na literatura especializada muitas críticas a essa abordagem didática para as atividades desenvolvidas em laboratório, principalmente por continuar preso à concepção empirista-indutivista da Ciência, pelo tipo de envolvimento proporcionado ao aluno e pela pouca contribuição fornecida na aprendizagem dos estudantes. Criticada pelos filósofos Popper, Russel-Hanson, Feyerabend, Kuhn e Toulmin, essa concepção da natureza da ciência já foi superada nos círculos acadêmicos há várias décadas. Para Borges, essa imagem da ciência

assume que o conhecimento científico é a verdade provada ou descoberta que tem origem no acúmulo de observações de algum fenômeno por uma mente livre de pré-concepções e sentimentos que aplica o *método científico* para chegar a generalizações cientificamente válidas (2002, p. 296-297, grifo do autor).

Essa concepção insinua para docentes e discentes que as atividades experimentais desenvolvidas nas escolas possuem a mesma natureza e finalidade que as realizadas pelos cientistas nos laboratórios de pesquisa (BORGES, 2002). Sobre esse aspecto, Gonçalves (2009, p. 10-11) argumenta que

produzir conhecimento novo é atributo especial de um sujeito como o cientista, que já se apropriou de um vasto conhecimento científico e de metodologias e técnicas, ao contrário dos estudantes da escola, que podem, hipoteticamente, “vir a ser”. Nem os alunos da educação superior produzem conhecimento academicamente novo, com exceção daqueles envolvidos com a iniciação científica, pois os experimentos desenvolvidos nesse nível de ensino têm também um papel pedagógico. E mesmo no caso dos alunos da iniciação científica, estes são orientados por um pesquisador com as características mencionadas acima, ou seja, com um amplo conhecimento do campo de atuação.

No modo em que são tradicionalmente realizadas as atividades experimentais, os alunos seguem as instruções de um roteiro-guia que impõe a sequência de ações necessárias para alcançar o resultado predeterminado como “correto” pelo professor. Essa configuração não deixa espaço para reflexão do aluno sobre o fenômeno ou sobre a ação, limitando sua participação à execução do receituário apresentado. Para Biagini e Machado (2014), essas atividades levam a um envolvimento apenas superficial dos alunos, “restringindo-se a uma atividade manipulativa, sem mobilização cognitiva” (p. 903).

Além disso, tem sido questionada a eficiência das atividades experimentais em promover as aprendizagens propostas. O modo como essas atividades vem sendo utilizadas pelos professores, no entendimento de Rosa (2011), pouco têm contribuído na qualificação da aprendizagem visto que os estudantes continuam enfrentando dificuldades com os conteúdos mesmo com a utilização do laboratório didático. Borges (2002) sumariza a questão ao afirmar que “parece resultar uma posição unânime de desaconselhar o uso de laboratórios no esquema tradicionalmente usado, pelo seu impacto negativo sobre a aprendizagem dos estudantes” (p. 295). Em estudo anterior, Rosa (2001, p. 12) afirma que é imprescindível que “a utilização do laboratório na ação pedagógica dos professores de Física seja feita de maneira consciente e que contribua para o processo de formação dos estudantes, não se tornando, apenas, mais uma ação ineficiente no processo educativo”.

Na perspectiva de reverter esse quadro, surgem diferentes soluções, defendidas pela literatura especializada. O ponto de afluência dessas alternativas é a importância de o estudante ser intelectualmente ativo no processo, ao invés do seu envolvimento ficar limitado à manipulação dos equipamentos e receituários na forma de roteiros. Nessa direção, as alternativas que assumem a concepção construtivista do conhecimento surgem como possibilidade de reorientação pedagógica e epistemológica do laboratório didático (PINHO-ALVES, 2000).

Nessa concepção “o conhecimento não está no objeto, como defendem os empiristas, nem no sujeito, como querem os racionalistas, mas sim, na interação entre sujeito e objeto” (ROSA, 2011, p. 119). As atividades experimentais construtivistas partem do conhecimento prévio dos estudantes, mediando a realidade e as teorias científicas. Assim, a construção do conhecimento ocorre pela interação entre os novos conhecimentos e os já existentes na estrutura cognitiva do aluno.

O professor, que antes ficava na mesa de demonstrações localizada no palco de uma espécie de anfiteatro, deve ir ao encontro dos alunos para possibilitar que eles assumam o protagonismo de sua aprendizagem. A atividade do estudante deve ser favorecida porque o aluno constrói seu conhecimento por meio da ação (BORGES, 2002). O aluno participa dos experimentos em situação de investigação real, proposta na forma de problemas ou desafios, refletindo para usar com sabedoria a sua liberdade de ação e decisão. Antes visto como uma “tábula rasa”, o estudante passa a ser alguém com “história de vida recheada de experiências pessoais e portador de um conjunto de explicações construídas, que procura dar conta de suas relações com o mundo em que vive” (PINHO-ALVES, 2000, p. 251).

Pinho-Alves (2000) segue mencionando que a atividade experimental, na concepção construtivista, deve ser entendida como um instrumento didático, tal como o livro-texto, com características de versatilidade, de modo a ser utilizado pelo professor a qualquer tempo durante o processo de ensino e em diferentes locais. O novo formato intitulado de “atividades experimentais” busca superar a necessidade do espaço físico conhecido por “laboratório” para a realização das atividades, destacando que essas podem ser realizadas em outros ambientes como a sala de aula e o pátio da escola. As atividades experimentais, antes realizadas desvinculadas das aulas teóricas e em momentos distintos do processo de ensino, passam a integrar a ação didática do professor em consonância com os conteúdos teóricos, que recorre a elas sempre que julgar oportuno (PINHO-ALVES, 2000).

Nessa concepção, diferentes possibilidades de organização das atividades experimentais têm sido apontadas por pesquisadores da área. Como forma de ilustrar, apresentamos na continuidade algumas delas, buscando explicitar suas principais características e a situação de ensino a que ela se vincula.

Iniciamos com a atividade experimental *investigativa*, cujo foco, além do estímulo a participação ativa do estudante, está em oportunizar a construção do conhecimento por meio da realização de investigações que exploram um fenômeno, tendo como suporte a orientação do professor (HODSON, 1994; MENEZES, 2018).

Gil-Pérez e Valdéz (1996) elencam aspectos que consideram importantes para a orientação investigativa dos experimentos, a saber: apresentar problemas abertos, refletir sobre a relevância da questão, potencializar a análise qualitativa, emitir hipóteses, planificar a atividade, analisar os resultados, considerar as implicações e contribuições do estudo, elaborar um relatório sobre a pesquisa e potencializar a dimensão coletiva da atividade. Os autores ressaltam que esses aspectos não são etapas de um algoritmo a ser seguido, mas são características que recordam a riqueza do trabalho científico.

Para Borges (2002), essas investigações podem ser expressas em níveis de abertura que variam do mais fechado – no qual o professor determina desde o problema de investigação até os resultados esperados – ao mais aberto, onde o aluno define tudo. O progresso das atividades investigativas conduzidas pelos estudantes é monitorado pelo professor que fornece o auxílio necessário tanto em forma de conselhos quanto de críticas (HODSON, 1994; MENEZES, 2018).

As atividades experimentais orientadas pela *estratégia POE*, predizer-observar-explicitar, procuram provocar um conflito conceitual para facilitar a aprendizagem conceitual pelos estudantes (TAO; GUNSTONE, 1999). Para tanto, essas atividades são divididas em três

momentos. No primeiro, é solicitado que o aluno faça uma predição, de forma escrita, sobre os possíveis resultados da atividade que será realizada na sequência, fundamentando sua previsão com seus conhecimentos prévios. Após a realização do experimento, os estudantes devem anotar suas observações imediatamente, a fim de que não sejam influenciadas pelas dos colegas (WHITE; GUNSTONE, 1992 apud RIBEIRO, 2018, p. 9). Ao confrontar as predições realizadas com o que foi observado, pode ser gerado um conflito conceitual. Considerado o mais importante da atividade, o terceiro momento é dedicado a explicação do fenômeno, analisando as congruências e as discrepâncias entre a previsão e a observação (SCHWAHN; OAIGEN, 2008). Para Wu e Tsai (2005), a estratégia POE é consistente com o construtivismo porque realça a importância do conhecimento prévio e da construção da aprendizagem.

Pinho-Alves (2000), por sua vez, apresenta sete possibilidades de organização das atividades experimentais, todas dentro de uma abordagem construtivista, a saber: *históricas, compartilhamento, modelizadora, conflitiva, crítica, comprovação e simulação*. A primeira admite que “no processo de transposição didática ocorreu a perda do contexto histórico original em que o respectivo saber foi elaborado” (PINHO-ALVES, 2000, p. 271). Assim, busca-se exprimir o contexto em que surgiu determinado problema na comunidade científica, favorecendo a compreensão do caminho percorrido na busca pela resposta e, que quando obtida, oferece um dispositivo novo.

As atividades de compartilhamento partem do entendimento de que as descrições providas pelos professores podem, em algumas situações, fazer com que os alunos imaginem algo totalmente diferente do pretendido. Somado a isso, está a cultura fortemente enraizada nos alunos de não pedir mais explicações ou de perguntar os significados de palavras desconhecidas. A superação desse entrave pode ser alcançada com a visualização real da situação acrescida da orientação do “olhar” pelo professor para a “localização de variáveis e o batismo das grandezas físicas” (PINHO-ALVES, 2000, p. 276).

As atividades modelizadoras objetivam trabalhar com variáveis e discutir a relação existente entre elas. A modelização ocorre por meio da identificação de como as variáveis que interferem no estudo de uma grandeza Física, estão relacionadas entre si.

Em algumas situações, o conhecimento prévio do aluno entra em conflito com as concepções formais da ciência. A atividade experimental conflitiva oferece a oportunidade de mostrar aos estudantes a inadequação e limitação de suas pré-concepções, possibilitando que ele reestruture suas ideias prévias para aceitar o conhecimento científico, ou, pelo menos, que ambas as explicações passem a coexistir em sua estrutura cognitiva (PINHO-ALVES, 2000).



Existem conceitos que são utilizados com diferentes significados no senso comum e na comunidade científica. Para Pinho-Alves (2000, p. 282) “se historicamente também houve certa dificuldade na definição dessas grandezas, não seria de estranhar que o mesmo ocorra em sala de aula”. Proporcionar a oportunidade de manifestar claramente a diferença entre esses conceitos é atributo da atividade experimental crítica.

A atividade de comprovação é muito semelhante às desenvolvidas no “laboratório tradicional”, só que orientada pela concepção construtivista. Ela pode ser realizada após a construção do saber em sala de aula, funcionando “como um exercício tradicional só que mais rico, pois adiciona a manipulação e os procedimentos do método experimental” (PINHO-ALVES, 2000, p. 283). O fenômeno científico, por já ter sido objeto de aprendizagem, servirá de suporte para que em situações novas, a teoria seja validada e comprovada.

As atividades experimentais de simulação são indicadas para trabalhar modelos teóricos por meio de softwares em equipamentos de mídias. Um modelo teórico complexo, como o modelo atômico que agrega os elementos químicos e físicos, “sem uma modelização adequada, certamente acarretará a aceitação dogmática” (PINHO-ALVES, 2000, p. 284). Simulações em vídeo ou em computadores, sem necessidade de montagem de instrumentos, são alternativas apropriadas para o estudo desse tipo de conteúdo.

Os fenômenos estudados no ensino de Ciências, frequentemente, são apresentados em sala de aula já previamente idealizados, ou seja, algumas características que constituem a complexidade de sua existência real já foram desprezadas. Por consequência, a aplicabilidade dos conhecimentos oriundos desses estudos restringe-se a situações abordadas na escola que possuem pouca ou nenhuma conexão com a realidade.

Surge, então, a atividade experimental de *modelagem científica* propondo problemas de investigação menos idealizados para que os estudantes, conduzidos pelo professor, os abordem à luz dos conhecimentos científicos. A proposição de questões de pesquisa, delineamento de experimentos, produção de dados empíricos, análise de dados confrontando-os com as previsões, construção de conclusões e exposição oral dos resultados também busca potencializar a aprendizagem nas aulas de laboratório (HEIDEMANN, 2015). Os alunos devem conhecer o protocolo de avaliação do relatório experimental antes da realização da modelagem científica para que eles possam desenvolver conhecimentos metacognitivos ao controlar suas ações para atingir os objetivos estabelecidos (HEIDEMANN; ARAÚJO; VEIT, 2016, p. 5-6).

A atividade experimental de *modelagem computacional* confere um maior tempo para o estudante “pensar nas hipóteses assumidas, na interpretação das soluções, no contexto de validade dos modelos e nas possíveis generalizações/expansões do modelo que possam ser

realizadas” ao transferir ao computador a responsabilidade de realizar os cálculos necessários (VEIT; ARAÚJO, 2005, p. 5). Essas atividades dividem-se em dois formatos: os exploratórios, no qual o aluno poderá alterar os parâmetros de um modelo pronto, e os expressivos, no qual a incumbência do estudante é desde a construção do modelo até a análise dos dados produzidos por ele. As linguagens de programação - como o VisualBasic, Delphi e C++ - e os *softwares* computacionais – tais como o Excel, Mathlab, Stella e PowerSim – podem ser utilizados como ferramentas para essas atividades. Entretanto, os autores advertem que,

para o uso adequado de modelos computacionais com objetivos didáticos é preciso que o aluno avalie reflexivamente os conceitos físicos envolvidos e suas relações; as teorias, hipóteses e aproximações que delimitam o contexto de validade do modelo; a qualidade dos resultados obtidos dentro de um determinado grau de precisão; e, finalmente, as possibilidades de expansão e generalização que podem ser implementadas para que o modelo melhor represente o sistema físico alvo ou consiga dar conta de outros sistemas. Sem estas considerações, corremos o risco de que as atividades didáticas sejam encaradas como meros jogos, ou ainda, tarefas passíveis de execução apenas por tentativa e erro (VEIT; ARAÚJO, 2005, p. 11).

A atividade experimental *pré-pós* é constituída por três etapas - o pré-experimental, o experimental e o pós-experimental. Ao considerar que a construção do conhecimento é negociada, dedica-se mais tempo à *discussão e avaliação* do experimento e dos resultados e menos tempo para a *realização* das atividades (MILLAR, 1987, grifo do autor). Portanto, um tempo expressivo é destinado às etapas anterior e posterior à realização do experimento, favorecendo a discussão sobre os conhecimentos científicos. Cada etapa é estruturada de modo a atingir o objetivo proposto para ela. A primeira etapa envolve

pré-teoria, explicitação dos objetivos; formulação de hipóteses e planejamento das ações. A pós-experimental caracteriza-se pela conclusão da atividade experimental, que representa o fechamento desta atividade e a sistematização dos resultados encontrados. Entre as etapas encontra-se a denominada “experimental”, destinada à parte de execução da atividade experimental, a qual envolve as ações dos estudantes mediante seus planejamentos e propósitos (ROSA, 2011, p. 140).

No modelo tradicional, a montagem do experimento e a geração dos dados consome praticamente todo o tempo disponível, restando pouco espaço para as discussões anteriores e posteriores à atividade.

As atividades experimentais com *Arduino*<sup>8</sup> buscam apresentar uma alternativa na qual a aquisição dos dados é efetuada com mais rapidez e precisão pelo computador. O

---

<sup>8</sup> O Arduino, criado por Massimo Banzi, David Cuartielles, Tom Igoe, Gianluca Martino e David Mellis, em 2005, é uma plataforma de fácil acesso a estudantes e projetistas amadores. Foi elaborado na forma de *hardware* livre, fácil de programar, funcional e de baixo custo. A plataforma é composta por um microcontrolador,

processamento desses dados para apresentação em planilhas eletrônicas ou em gráficos é realizado com o auxílio de *softwares*. A redução do tempo da geração de dados permite dedicar maior ênfase para a formulação de hipóteses, comparação dos resultados obtidos com os previstos pelo modelo teórico, explicação das convergências e discrepâncias, realização de ajustes experimentais seguido de um novo teste (CAVALCANTE; TAVOLARO; MOLISANI, 2011). Essa situação é possível pela utilização de sensores acoplados a plataforma Arduino que promovem a interação do computador com o ambiente, realizando a produção de dados. Outra vantagem da plataforma é a facilidade de programação, versatilidade e o baixo custo de aquisição dos componentes necessários.

Os modelos de atividades experimentais apresentados referem-se a possibilidades de organização didático-metodológica, inferindo potencialidades no campo cognitivo. Todavia, nessas atividades não está explicitada a questão defendida nesse estudo relativa à necessidade de contemplar objetivos metacognitivos associados aos cognitivos. A exceção fica por conta do modelo pré-pós e no estudo desenvolvido por Rosa (2011), que associou questionamentos ao modelo proposto, como forma de ativação do pensamento metacognitivo às atividades experimentais.

Como já anunciado na introdução essa não é a única forma que pode ser realizada essa aproximação, sendo inclusive possível de ser estendida a qualquer um dos modelos relatados. Tal identificação em termos dessas possibilidades norteia o presente estudo que, após identificar o caminho percorrido por essas atividades no ensino de Ciências, passa a relatar o entendimento de metacognição, para na sequência buscar na literatura estrangeira os estudos que já tenham realizado essa aproximação.

## 1.2 Metacognição

A demarcação teórica do termo *metacognição*, que pode parecer simples à primeira vista, tem se mostrado complexa em virtude de ser estudada por distintas perspectivas associadas a diferentes áreas de investigação (ROSA, 2014). A falta de clareza do conceito tem se revelado um problema para as pesquisas da área, como mencionado por Zohar e Barzilai (2013), o que também pode repercutir em problemas quando se trata de sua utilização nos processos de ensino e de aprendizagem. Diante dessa situação, esta seção ocupa-se de relatar a

---

circuítos de entrada/saída e é conectada ao computador por meio de um cabo USB. Uma quantidade expressiva de sensores e componentes pode ser adicionada ao circuito. Uma vez programado, o microcontrolador pode ser utilizado nos mais variados projetos, desde a automatização de uma casa até a construção de um sistema que detecta terremotos e publica os dados produzidos no Twitter.

origem e polissemia desse conceito, buscando circunscrevê-lo aos processos educativos no campo da Educação em Ciências.

A expressão metacognição, segundo Gonzáles, é “um neologismo produto da ciência psicológica contemporânea, particularmente de orientação cognitivista”<sup>9</sup> (1996, p. 3). Etimologicamente, o termo é formado pela união do prefixo *meta* e da palavra *cognição*. O prefixo *meta*, de origem grega, significa “posterior a” ou “o que acompanha”. Cognição, do latim *cognitione*, está relacionado ao processo ou faculdade de adquirir um conhecimento. Nesse sentido e de forma mais ampla, podemos dizer que, por metacognição entende-se a capacidade de conhecer o próprio ato de conhecer ou como exposto por Rosa (2014, p. 17):

O termo “metacognição” tem sido utilizado para designar um conjunto de operações, atividades e funções de natureza cognitiva, desenvolvidas por uma pessoa mediante o pensamento de como deverá proceder para conhecer, produzir e avaliar informações. O aspecto central está na potencialidade de cada sujeito e em sua capacidade de conhecer a si próprio, controlar e regular suas ações.

A origem do termo “metacognição”, ao contrário da sua demarcação que sofre variações na literatura, tem sido consensual entre os pesquisadores, atribuindo o primeiro registro ao pesquisador americano John Hurley Flavell, em 1971, em um artigo sobre o funcionamento da memória e os processos de memorização<sup>10</sup>. Flavell parte da ideia de metamemória enquanto entidade que envolve a estrutura, armazenamento, fonte e recuperação de informações, bem como o monitoramento inteligente das ações. Para o autor os pensamentos metacognitivos são deliberáveis, intencionais, meta-dirigidos e comportamentos mentais orientados que podem ser usados para realizar tarefas cognitivas. Nesse contexto, Flavell infere que a metacognição representa uma conscientização de si como “um ator em seu ambiente, isto é, um sentido acrescido de ego como um armazenista deliberado e recuperador de informação” (1971, p. 275). Portanto, é em termos do conhecimento do sujeito sobre sua cognição que Flavell focaliza seu entendimento inicial sobre metacognição. Ou seja, significa trazer para o nível da consciência os conhecimentos existentes na estrutura cognitiva que são relacionados ao assunto em questão a fim de realizar uma tarefa.

De forma mais específica, podemos identificar que Flavell pauta-se pela associação da *memória* do sujeito, as *experiências* vivenciadas por ele e aos *aspectos afetivos* envolvidos nesse processo de recuperação da informação. Na primeira elaboração do conceito, a

<sup>9</sup> *Un neologismo producto de la ciencia psicológica contemporánea, particularmente la de orientación cognoscitivista.*

<sup>10</sup> *First discussant’s comments: what is memory development the development of?* Publicado no periódico *Human Development* <<https://doi.org/10.1159/000271221>>.

metacognição em Flavell estaria vinculada, em seu sentido mais amplo, a esses três aspectos grifados e limitada à tomada de consciência sobre o que o sujeito já sabe. A título de exemplo, temos as manifestações positivas, do tipo: conheço esse conteúdo, sei como resolver essas questões, vou proceder de determinada forma para atingir ao objetivo da atividade proposta; e negativas: não compreendo Ciências, na última prova fui muito mal, não sei nem por onde começar a resolver esse exercício. Os aspectos afetivos envolvidos tanto em experiências anteriores como atuais são fundamentais para a recuperação dos conhecimentos necessários, tornando-se condicionantes para o êxito da atividade proposta.

Flavell hipotetiza que essa forma de pensamento não é espontânea, sendo impulsionada pelo sujeito conforme percebe sua necessidade. Estudos como o desenvolvido por Santos, Ribeiro e Rosa (2016) corroboram o apontado por Flavell, relatando a partir de uma investigação com 624 estudantes do Ensino Médio, que menos da metade deles em suas situações escolares, recorrem espontaneamente a essa forma de pensamento metacognitivo. Tal inferência aponta para a necessidade de que o professor explicita em suas ações didáticas formas de evocação desse pensamento, se deseja que seus alunos recorram a ele.

Reconhecendo a importância de monitorar e supervisionar os conhecimentos identificados na estrutura cognitiva do aprendiz, Flavell agrega, em 1976, a autorregulação à definição de metacognição. O novo conceito é explicitado no artigo *Metacognitive aspects of problem solving*, onde Flavell afirma

pratico a metacognição (metamemória, metaaprendizagem, meta atenção, metalinguagem, como queira )se me dou conta de que tenho mais dificuldade para aprender A do que B; se compreendo que devo verificar C antes de aceitá-lo como verdade (fato); quando me ocorre que eu teria de examinar melhor todas e cada uma das alternativas em algum tipo de teste de múltipla escolha, antes de decidir qual é a melhor; se eu estiver consciente de que não estou seguro do que o experimentador realmente quer que eu faça; se eu perceber que seria melhor tomar nota de D porque posso esquecê-lo; se eu pensar em perguntar a alguém sobre E, para ver se está correto<sup>11</sup> (FLAVELL, 1976, p. 232).

É possível observar que as componentes *conhecimento do conhecimento e controle executivo e autorregulador* das ações são ressaltados na reformulação do conceito. O primeiro relaciona-se às crenças do sujeito como ser cognitivo, ou seja, quem sou/como sou, o que

---

<sup>11</sup> *I am engaging in metacognition (metamemory, metalearning, metattention, metalanguage, or whatever) if I notice that I am having more trouble learning A than B; if it strikes me that I should double-check C before accepting it as a fact; if it occurs to me that I had better scrutinize each and every alternative in any multiple-choice type task situation before deciding which is the best one; if I become unaware that I am not sure what the experimenter really wants me to do; if I sense that I had better make a note of D because I may forget it; if I think to ask someone about E to see if I have it right.*

preciso fazer e quais caminhos seguir para lograr êxito. O segundo vincula-se à orquestração e à supervisão dos conhecimentos e ações a fim de atingir um objetivo pré-determinado.

O aspecto conhecimento do conhecimento é detalhado por Flavell e Wellman (1977) nos estudos desenvolvidos sobre a memória, publicados sob o título de *Metamemory*. No artigo, os autores identificam que a evocação do conhecimento de cada um dos três elementos (pessoa, tarefa e estratégia) e suas relações influenciam o rendimento na realização de propostas de aprendizagem.

O elemento *pessoa* é relativo aos conhecimentos das características pessoais próprias e dos outros, compreendendo as habilidades e limitações dos sujeitos. Isto é, conhecer-se o suficiente para saber em que momento deve realizar anotações, sublinhar palavras, manusear equipamentos, resenhar um texto ou recorrer à leitura de outros autores sobre aquele tema para captar seu significado com maior profundidade. Estão inclusas, também, as comparações entre as aptidões dos sujeitos, como “ele tem mais facilidade em Matemática”, “eu entendo melhor o conteúdo de História”, etc.

O conhecimento do elemento *tarefa* é a caracterização da atividade em termos da natureza da informação disponibilizada e de sua exigência. É o reconhecimento de sua exigência, abrangência, grau de dificuldade, similaridade com outras que já tenha experienciado, tempo que deverá ser investido, se o enunciado está suficientemente claro, etc. Quando alguém se prepara para realizar uma apresentação de um tema, por exemplo, ele pode perceber que é mais fácil recordar uma ideia geral do que palavras exatas de um conceito e que pode anotar os tópicos principais que pretende falar para evitar esquecer-los.

O elemento *estratégia* é o “momento em que o sujeito se questiona sobre o que precisa ser feito e quais os caminhos a serem seguidos para atingir o objetivo” (ROSA, 2014, p. 28). Ou seja, significa escolher entre as estratégias possíveis à qual irá recorrer, identificar “o porquê”, “quando”, “como” e “onde” ela deverá ser aplicada. Como exemplo, podemos imaginar a situação em que um estudante recebeu como tarefa de casa resumir um texto que possui uma linguagem e um conteúdo de difícil compreensão. Ele poderá perceber que precisa compreender bem o texto antes de escrever sobre ele, por isso fará anotações em uma folha de papel a cada parágrafo lido. É importante também avaliar como irá organizar o tempo a fim de realizar a tarefa adotando a estratégia.

Todavia, a identificação desses elementos não é suficiente para a obtenção dos benefícios da metacognição na aprendizagem. Tal situação é exposta por Rosa (2014, p. 30):

Evidentemente, apenas reconhecer aspectos como os mencionados para as variáveis pessoa, tarefa e estratégia não repercute em aprendizagem. É necessário que, ao identificá-las, seja de forma positiva ou negativa, o estudante mobilize suas estruturas cognitivas, direcionando suas ações para atingir os propósitos do estudo ou da tarefa.

Ao identificar esses elementos metacognitivos, o estudante deve utilizar seus processos cognitivos para buscar o conhecimento que ainda lhe falta, aplicando as estratégias mais adequadas e avaliando se está no rumo correto para atender às características e exigências da tarefa.

Em 1979, Flavell apresenta outra contribuição para a definir a metacognição, denominado de “Modelo de monitoração cognitiva”. Esse modelo compreende que a ativação do pensamento metacognitivo é realizado pela interação entre os objetivos e ações de cunho cognitivos com as experiências e conhecimentos metacognitivos (ROSA, 2014, p. 31).

Pesquisadores de diferentes áreas do conhecimento acabaram ampliando e aproximando de seus campos de investigação a definição inicialmente contemplada por Flavell, principalmente a partir do entendimento de que ela compreende a tomada de conhecimento do sujeito sobre seus próprios conhecimentos e o controle sobre a ação a ser executada. Um entendimento associado ao viés cognitivista com base nos estudos de Piaget, o qual Flavell tomava como referência para suas investigações no campo da memória.

As diferentes pesquisas que decorrem dos estudos iniciais de Flavell passam a ser agregadas a diferentes campos do conhecimento, apresentando divergências especialmente no que tange aos componentes que integram o conceito de metacognição. Além disso, esses diferentes campos que passam a se servir do conceito, como é o caso da sociologia, da psicologia, da linguística, da educação, entre outros, vão requerer aproximações que levam a ampliar determinados aspectos em detrimento de outros.

Essa situação é expressa por Veenmann, van Hout-Wolters e Afflerbach (2006, p. 11):

Existem grupos de pesquisadores com diferentes formações, como psicólogos do desenvolvimento que estudam a teoria da mente; pesquisadores de metamemória; pesquisadores educacionais que investigam a relação entre motivação, conhecimento metacognitivo e autorregulação; pesquisadores educacionais que focam no papel das habilidades metacognitivas e no treinamento dessas habilidades; e psicólogos cognitivistas que examinam os fenômenos da sensação de saber e do julgamento de aprendizagem<sup>12</sup>.

---

<sup>12</sup> *There are, however, separated groups of metacognition researchers with different backgrounds: Developmental psychologists studying Theory-of-Mind; metamemory researchers; educational researchers investigating the relation between motivation, metacognitive knowledge, and self-regulation; educational researchers focusing on the role of metacognitive skills and the training of those skills; and cognitive psychologists scrutinizing Feeling-of-Knowing and Judgment-of-Learning phenomena.*

Sem querer se debruçar em demasia sobre essa seara, exemplifica-se que estudos como o desenvolvido por Thomas (2002) veem a metacognição como associada a uma série de fatores que se movem para fora do indivíduo, para a sala de aula, por meio da escola e dos níveis sociais e culturais, o que sugere uma interconectividade significativa entre o indivíduo e todos os espaços sociais. O autor no estudo desenvolvido com Mee em 2005, intitulado *Changing the learning environment to enhance students' metacognition in Hong Kong primary school classrooms*, aponta que a metacognição é socialmente mediada, oferecendo aos alunos jovens uma oportunidade para falar sobre seus processos de aprendizagem e pensamento. Perspectiva corroborada por Nielsen, Nashon e Anderson (2009) ao apontarem que na aprendizagem em Física, as situações-problema do tipo aberto e que exigem colaboração e troca entre pares, se revelam promissoras em termos de evocação do pensamento metacognitivo particularmente pela possibilidade de explicitação daquilo que os sujeitos estão compreendendo.

Todavia, se tomarmos como referência o artigo *Metacognição e ensino de Física: revisão de pesquisas associadas a intervenções didáticas*, de autoria de Rosa e Meneses Villagrá (2018), em que foram analisadas 16 pesquisas obtidas a partir da base de dados ERIC e que envolveram intervenções didáticas associadas ao ensino de Física, é possível identificar que, pelo menos, treze das pesquisas apontam para um entendimento da metacognição como um processo individual, gerido e controlado pelo próprio indivíduo. Nesses estudos, o viés cognitivista se mostra a concepção predominante, embora não explicitamente assumida por seus autores. Contudo, três dos estudos acenavam para a associação da metacognição com a perspectiva sociocultural, como assinalado por Rosa e Meneses Villagrá (2018, p. 597):

[...] os estudos de Anderson e Nashon (2007), Nielson, Nashon e Anderson (2009) e Thomas (2013) enfatizam o aspecto sociocultural que influencia no desenvolvimento conceitual dos alunos, estabelecendo intervenções didáticas guiadas pela metacognição, mas, ao mesmo tempo, apoiadas na compreensão de que a identidade sociocultural do indivíduo e do grupo ao qual pertence, em grande parte, determina as ferramentas de aprendizagem que ele usa para dar sentido ao mundo.

A questão posta à reflexão por Veenmann, van Hout-Wolters e Afflerbach (2006) é de que embora exista um grupo significativo de pesquisadores debruçados sobre a temática, ainda carecemos de mais pesquisas. Particularmente em relação aos processos de aprendizagem, os autores mencionam que: “A aprendizagem e a metacognição não ocorrem no vazio. Precisamos saber mais sobre como diferenças individuais e fatores contextuais interagem com a metacognição e suas várias componentes” (p. 10).



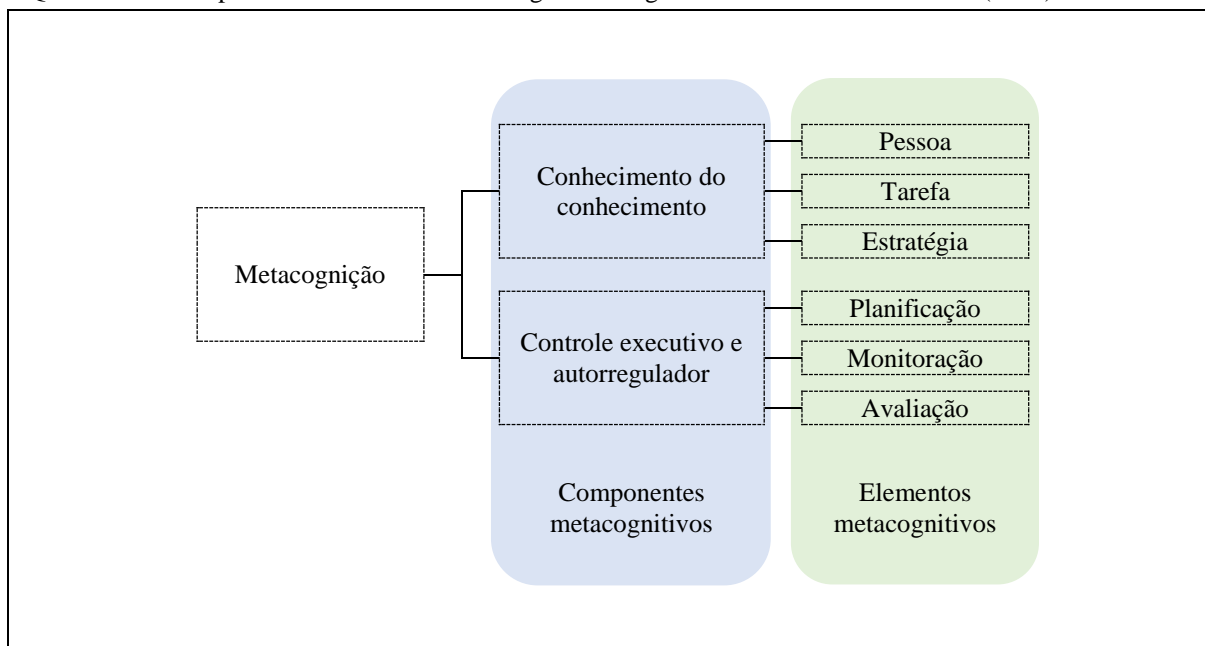
Retomando o aspecto de que as componentes metacognitivas apresentadas por Flavell (1976) também se mostram não consensuais na literatura especializada, apresenta-se na sequência algumas dessas variações, identificando seus respectivos autores. Uma das questões principais encontradas na literatura é que alguns pesquisadores entendem que determinados conceitos pertencem à metacognição, enquanto que para outros é a metacognição que pertence a um dado conceito. Exemplo disso são os estudos de Barry Zimmerman ao considerar que a metacognição é integrante da autorregulação, enquanto os de Ann Brown, a exemplo de Flavell, compreendem que a autorregulação faz parte da metacognição.

A aprendizagem autorreguladora, para Zimmerman (1995), oportuniza a aquisição de conhecimentos por meio de interações entre o novo saber e o que o sujeito já sabe. Entretanto, o autor, diferentemente dos demais, aponta a metacognição como integrante da aprendizagem autorreguladora, a qual compreende, além da metacognição, a cognição e aspectos motivacionais, especialmente na compreensão de Bandura. Para o autor, os aspectos cognitivos são os relacionados às habilidades de codificar, memorizar e retomar informações; os metacognitivos, às capacidades que os indivíduos têm de identificar seus conhecimentos e controlar suas ações; e os afetivos são os de natureza motivacional e dizem respeito às crenças e atitudes que afetam o uso e o desenvolvimento das habilidades cognitivas e metacognitivas. Para ele, a metacognição faz parte de um processo mais amplo e que, integrado às dimensões cognitivas e motivacionais, possibilitam aos sujeitos autorregular a sua aprendizagem.

Brown (1978), por sua vez, apoiada nos estudos de Flavell, afirma que tão importante quanto a tomada de consciência sobre o conhecimento existente na estrutura cognitiva é a operacionalização desse conhecimento de modo a lograr êxito na atividade proposta. Essa orquestração é denominada por *controle executivo e autorregulador* que consiste no planejamento das ações, monitorando sua execução e avaliando o caminho e os resultados, interferindo no processo se julgar necessário. Dessa forma, para a autora, a metacognição é compreendida a partir das duas componentes anunciadas por Flavell, todavia, ela se ocupa da segunda componente, incluindo a planificação, monitoramento e avaliação, como aspectos centrais da ação executiva. Seus estudos focados na leitura e interpretação de textos, enfatizam a autorregulação como aspecto operacional da ativação do pensamento metacognitivo.

Compartilhando desse entendimento, Rosa (2011) infere que a metacognição envolve duas componentes e seis elementos. As componentes seguem o proposto por Flavell (1976) e os elementos adotam como referência os estudos de Flavell e Wellman (1977) no caso da primeira componente e os de Brown (1978, 1987) no caso da segunda componente. O Quadro 01 ilustra o mencionado.

Quadro 01 – Componentes e elementos metacognitivos segundo o entendimento de Rosa (2011)



Fonte: Adaptado de Rosa, 2011, p. 58.

A metacognição, no ponto de vista de Bernadette Noël, pesquisadora francesa, corresponde à “consciência necessária para a capacidade de verbalizar a ação e para fazer um julgamento durante o curso de uma atividade”<sup>13</sup> (NOËL, 1991, p. 10). Para a autora, esse termo divide-se em: tomada de consciência, que representa a identificação do que o sujeito já sabe; julgamento, entendido como avaliação de suas capacidades para desenvolver a atividade; e regulação, associado aos mecanismos cognitivos e deliberação sobre a necessidade de modificar o conhecimento em função da etapa anterior.

Nelson e Narens (1994), que têm subsidiado estudos no campo da psicologia, propõem um modelo metacognitivo em que a atividade é monitorada e controlada a fim de obter um resultado plausível. Antes ou durante a realização de uma ação, o sujeito julga o resultado que ele imagina que irá obter. Após a realização da tarefa, julga a probabilidade de tê-la concluído com êxito, revisando o percurso. Em outras palavras, os autores compreendem que a metacognição está envolvida por duas componentes: monitoramento e controle metacognitivo.

A primeira é pautada na capacidade de observar, refletir, analisar, experienciar o andamento dos processos cognitivos. O monitoramento permite a realização de estimativas por parte dos sujeitos sobre seu desempenho cognitivo e o que precisa ser feito para obter êxito na tarefa, estando associada ao julgamento que pode ocorrer em distintas fases da ação cognitiva

<sup>13</sup> *La conscience nécessaire à la capacité individuelle de verbaliser l'action et de porter un jugement sur ses actions et connaissances lors du déroulement d'une activité.*

(antes, durante ou depois). O controle metacognitivo, por sua vez, refere-se às decisões que os sujeitos devem tomar frente a essa ação, correspondendo às estratégias buscadas para lograr sucesso em sua empreitada cognitiva, ou seja, a autorregulação da ação. Os autores destacam que tais componentes estão interligadas e que a eficiência dos processos cognitivos depende do modo como o monitoramento do processamento da informação e a capacidade de controlar esse processamento se desenrolam. Conforme Jou (2001), a distinção desse modelo para o de Flavell está em que o de Flavell enfatiza as componentes, e o de Nelson e Narens, o deslocamento entre elas.

Veenman, van Hout-Wolters e Afflerbach (2006) dividem a metacognição em duas componentes: conhecimento metacognitivo e habilidades metacognitivas. A primeira se refere ao conhecimento sobre as características da pessoa, da tarefa e da estratégia assim como suas interações. Os autores alertam que o aprendiz pode subestimar ou sobrestimar suas competências frente à complexidade da atividade solicitada. A segunda consiste no conhecimento processual utilizado para guiar, monitorar, controlar e regular a aprendizagem. A habilidade metacognitiva, por outro lado, possui um mecanismo de *feedback* embutido no qual o desenvolvimento da atividade progride sem dificuldades se você está no caminho certo, e estagna, se estiver no errado.

As definições mencionadas dão conta de mostrar as diferentes possibilidades de estruturar o conceito de metacognição a partir do entendimento originalmente anunciado por Flavell (1976). Outras possibilidades podem ser identificadas na literatura, entretanto, podemos observar que a origem e o núcleo do conceito remetem a Flavell, como indicado por Zohar e Barzilai (2013). Além disso, é preciso registrar que a maioria dos estudos como assinalado por Rosa e Meneses Villagrà (2018) e Boszko (2019) que se servem da metacognição associada a processo de intervenção didática restringe o conceito de metacognição a uma atividade de reflexão do pensamento, sem especificar as suas características.

Por fim, destacamos que os benefícios da metacognição para o processo de ensino e de aprendizagem podem ser entendidos a partir da possibilidade da tomada de consciência dos sujeitos sobre seus próprios conhecimentos e percursos cognitivos, assim como o monitoramento e controle dos mecanismos necessários para a execução de uma tarefa, incluindo as de aprendizagem. Para Rosa (2011), evocar conhecimentos metacognitivos e desenvolver habilidades dessa natureza é um dos principais recursos para o sucesso escolar, pois proporciona uma aprendizagem mais efetiva e duradoura.

## 2. METODOLOGIA

O presente capítulo tem por finalidade dissertar sobre o percurso metodológico desse estudo, especificando e justificando as escolhas realizadas durante seu desenvolvimento. Para conferir maior clareza, optou-se por dividi-lo em três subcapítulos, assim identificados: aspectos metodológicos, constituição do *corpus* e descrição dos estudos selecionados.

O primeiro inicia com uma sucinta explicação sobre o que compreendemos por realizar uma investigação científica e prossegue versando sobre as características dessa abordagem, sua natureza e procedimentos. O segundo descreve os critérios que foram definidos para seleção dos artigos, com base no subcapítulo anterior. O terceiro apresenta um resumo do material que constitui o *corpus*.

### 2.1 Aspectos metodológicos

O ato de pesquisar pode ser compreendido como processo formal de construção de conhecimentos. Tradicionalmente, a investigação inicia com a identificação de um problema enfrentado na vida real, seguido da consideração do conhecimento estabelecido na área, passando para a produção, análise e interpretação de dados para, então, elaborar uma resposta plausível. Ao apresentar uma versão densa e prudente, o pesquisador revela sua habilidade no tratamento da realidade complexa em que vivemos. A comunidade espera que o pesquisador seja capaz de “demonstrar – segundo critérios públicos e convincentes – que o conhecimento que ele produz é fidedigno e relevante teórica e/ou socialmente” (LUNA, 2011, p. 14).

No desenvolvimento de uma pesquisa, o investigador deve escolher uma abordagem metodológica que varia de acordo com as características do conhecimento que deseja produzir. Dentre as possibilidades de metodologias, está a abordagem qualitativa. Ela centra-se no aprofundamento da compreensão das relações entre o sujeito e o mundo, cujos aspectos não podem ou não deveriam ser expressos em números (GIL, 1994), porque engloba o “universo dos significados, dos motivos das aspirações, das crenças, dos valores e das atitudes” (DESLANDES; GOMES; MINAYO, 2012, p. 21). Para Minayo (2014) a abordagem qualitativa é mais adequada a “investigações de grupos e segmentos delimitados e focalizados, de histórias sociais sob a ótica dos atores, de relações e para análises de discursos e de documentos” do que para “aglomerados de grandes dimensões” (p. 57).

As leituras dos referenciais teórico-metodológicos permitiram identificar que a abordagem mais adequada para o objeto de estudo da pesquisa que deu origem a esta dissertação

é a qualitativa, já que busca realizar uma análise interpretativa da realidade dinâmica e complexa.

De acordo com Gil (2002), a busca pelos dados que é efetivada em material publicado tanto na forma impressa quanto disponibilizado na Internet caracteriza-se como uma pesquisa de natureza pesquisa bibliográfica. Praticamente a totalidade das investigações científicas reivindica algum nível de estudo dessa natureza para identificar o estágio atual do conhecimento referente ao tema. Não obstante, há pesquisas que são desenvolvidas unicamente a partir de fontes bibliográficas, como alguns estudos exploratórios, estado da arte, estado do conhecimento e pesquisas sobre ideologias.

Para o autor, as principais fontes bibliográficas podem ser classificadas em livros, publicações periódicas e impressos diversos. Os livros dividem-se em leitura corrente (obras literárias e de divulgação) e de referência (dicionários, enciclopédias, anuários e almanaques). As publicações periódicas, em jornais e revistas, contam com a colaboração de diferentes autores que versam os assuntos que constituem o escopo pré-definido. As revistas “representam nos tempos atuais uma das mais importantes fontes bibliográficas” (p. 45). Em relação ao conteúdo, o “dos jornais se caracteriza principalmente pela rapidez” enquanto que a “das revistas tende a ser mais profunda e mais bem elaborada” (p. 45).

O autor identifica que o principal benefício dessa natureza de investigação consiste em

permitir ao investigador a cobertura de uma gama de fenômenos muito mais ampla do que aquela que poderia pesquisar diretamente. Essa vantagem torna-se particularmente importante quando o problema de pesquisa requer dados muito dispersos pelo espaço. Por exemplo, seria impossível a um pesquisador percorrer todo o território brasileiro em busca de dados sobre a população ou renda *per capita*; todavia, se tem a sua disposição uma bibliografia adequada, não terá maiores obstáculos para contar com as informações requeridas. A pesquisa bibliográfica também é indispensável nos estudos históricos. Em muitas situações, não há outra maneira de conhecer os fatos passados se não com base em dados bibliográficos (GIL, 2002, p. 45, grifo do autor).

A qualidade da pesquisa pode ser colocada em xeque se não for considerado o malefício dessa natureza investigativa: as fontes secundárias. O autor destaca o cuidado com essas fontes, buscando minimizar a perpetuação e ampliação de erros provenientes de frequentes “dados coletados ou processados de forma equivocada” (GIL, 2002, p. 45).

A presente investigação de natureza bibliográfica utiliza como fonte de consulta investigações acadêmicas publicadas em uma determinada base de dados, o que leva a identificá-la com o que Romanowski (2002) denomina de “estado do conhecimento”. O objetivo dessas pesquisas consiste em reconhecer “o que já se sabe, as principais lacunas, onde

se encontram os principais entraves teóricos e/ou metodológicos” (LUNA, 2011, p. 87-88). Segue o autor mencionando que esses estudos são fontes importantes para atualização dos profissionais ao possibilitar o acompanhamento do desenvolvimento, transformações e inovações na área.

Joichi Ito e Jeff Howe apresentam alguns princípios organizadores para se viver nessa realidade complexa, dentre os quais destaca-se o de priorizar “bússolas acima de mapas”. No entendimento desses autores, o mapa possui uma estrutura rígida ao apresentar “um conhecimento detalhado do terreno e a existência de uma rota ideal”, enquanto a bússola “é uma ferramenta muito mais flexível e exige que o usuário empregue criatividade e tenha autonomia na descoberta de seu próprio caminho” (2018, p. 77). A principal crítica ao mapa está no estabelecimento de um caminho ideal para se chegar ao destino final. Transpondo essa ideia para as pesquisas com procedimentos do tipo “estado o conhecimento” priorizar bússolas significa reconhecer o conhecimento já estabelecido na área, utilizando os questionamentos e lacunas emergentes como norteadores para o desenvolvimento de investigações subsequentes.

Romanowski (2002) menciona que a seleção do material para o desenvolvimento de uma pesquisa do tipo “estado do conhecimento” deve seguir passos como: a) delimitar os descritores que direcionam as buscas; b) identificar os bancos de pesquisas; c) estabelecimento de parâmetros para a seleção do *corpus*; d) levantamento das publicações; e) produção do material de pesquisa; f) leitura das publicações; e g) análise, sistematização e elaboração das conclusões do estudo.

Silva e Carvalho (2014) destacam que o recorte espaço-temporal deverá ser observado no desenvolvimento do estudo porque “as análises feitas referem-se a concepções e práticas presentes em determinados contextos sociais, políticos, econômicos, culturais, etc.” (p. 349). Além disso, essas pesquisadoras salientam que o recorte temático possibilita o aprofundamento das análises ou a apresentação de um amplo cenário referente ao tema.

As escolhas anunciadas permitiram estabelecer o *corpus* de nossa pesquisa, o que passamos a discutir na continuidade.

## **2.2 Constituição do *corpus***

A associação de processos metacognitivos ao ensino de Ciências em pesquisas brasileiras ainda é incipiente. Em um estudo que investigou publicações em 14 periódicos no período entre 2007 e 2016, Rosa, Darroz e Rosa (2017) identificaram que aproximadamente 0,13% de um universo de 3.849 investigações associava a metacognição às atividades experimentais no ensino de Física.

A escassez desses estudos na literatura nacional confere a essa pesquisa o enfoque em investigações estrangeiras com o intuito de avaliar o modo como a associação entre a metacognição e as atividades experimentais vem sendo realizada. Nesse contexto de busca pela literatura estrangeira, identificamos na base de dados *Education Resources Information Center* (ERIC) a possibilidade de determinação do *corpus* de análise.

A base de dados ERIC foi fundada nos Estados Unidos em 1964 para suprir a necessidade de um banco de dados que tornasse acessível aos usuários o crescente número de pesquisas na área de educação e temas relacionados, oferecendo um acervo abrangente e de fácil utilização. Mais de 12 milhões de pessoas de 242 países já utilizaram a base de dados para a realização de suas investigações. Esses usuários dividem-se, principalmente, em professores, estudantes, bibliotecários, pais e membros da comunidade em geral. O escopo abrange a formação de professores, os níveis de ensino, educação ambiental, ensino de Ciências e da Matemática, escolas urbanas e rurais, testes de avaliação, dentre outros.

Considerada por Saucedo e Pietrocola (2019) uma das maiores bases de dados *online* de bibliografias internacionais sobre educação, seu acervo ultrapassa 1,7 milhões de referências entre periódicos, livros, anais de conferências, dissertações, teses, relatórios técnicos, documentos governamentais e outras modalidades de divulgação de pesquisa. A maior parcela dos mais de mil periódicos é indexada de maneira abrangente, ou seja, todos os artigos de cada edição estão incluídos no ERIC. Uma pequena fração dos periódicos é indexado seletivamente, isto é, são selecionados apenas os artigos relacionados à educação. Além disso, a base disponibiliza gratuitamente o texto integral de mais de 350 mil materiais.

A atualização regular, a rigorosa política de seleção, o “vasto e diversificado banco de dados” torna a ERIC “uma das principais fontes de pesquisa educacional” (SAUCEDO; PIETROCOLA, 2019, p. 217). Hertzberg e Rudner (1999) afirmam que é frequente a utilização da base de dados ERIC para identificar na literatura o conhecimento já estabelecido. Outros pesquisadores também têm escolhido essa base para realizar a revisão bibliográfica de suas investigações.

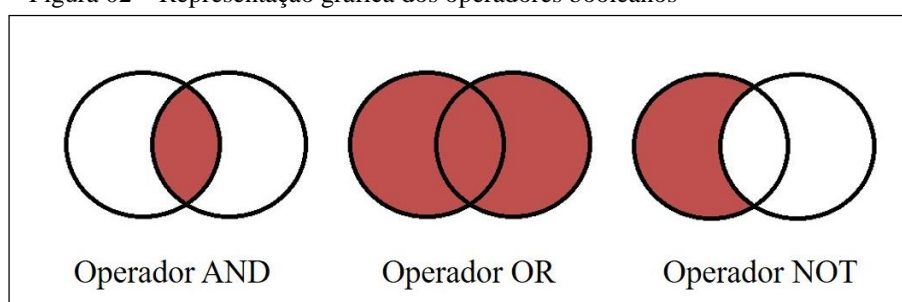
Por fim, destacamos que a ERIC engloba os periódicos mais expressivos no campo da Educação em Ciências, bem como o *Metacognition and Learning*, considerado o mais especializado na área de aprendizagem envolvendo processos metacognitivos. Por conseguinte, elegemos a base de dados ERIC para a identificação dos artigos que compõem o *corpus* da investigação. Tal identificação decorre das suas características e de que ela é uma das mais completas e a mais antiga base com vocação especial no campo da investigação em Educação em Ciências, disponibilizando os artigos para acesso *online*. Assim, embora a decisão de se

concentrar em artigos de periódicos revisados por pares e indexados na ERIC possa ser entendida como delimitador, pondera-se que algum tipo de viés sempre existirá em qualquer escolha de amostra/população. Dessa forma, entendemos que o *locus* selecionado para a produção de dados é, pelo menos, bem definido, e suas limitações são claras.

A definição dos descritores é uma etapa importante para a busca de publicações sobre determinado assunto. Uma forma de elaborá-los é por meio de um conjunto de palavras, conectadas por operadores booleanos. Esses operadores buscam facilitar o processo de pesquisa ao informar a combinação dos termos no sistema, modificando o escopo dos resultados (VOLPATO, 2000; 2013).

Os operadores booleanos, criados pelo matemático britânico George Boole (1815-1864), referem-se a operações lógicas em conjuntos e são compostos por três operações fundamentais: AND, OR e NOT (DONATO, 2016). Na base de dados acadêmicos, são recuperados os documentos que satisfazem a expressão lógica de consulta. O operador AND restringe a pesquisa, “fazendo a intersecção dos conjuntos de trabalhos que possuem os termos combinados” (VOLPATO, 2013, p. 61). A união entre conjuntos de termos é realizada pelo acionamento do operador booleano OR. Esse agrupamento amplia a pesquisa ao utilizar termos sinônimos ou similares. Termos não pertinentes para o *corpus* podem ser excluídos pela utilização do operador NOT, restringindo a investigação. A Figura 02 ilustra o efeito desses operadores em conjuntos.

Figura 02 – Representação gráfica dos operadores booleanos



Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

Para elaboração dos descritores para esse estudo, optou-se pela utilização do operador AND para intersecção de expressões, restringindo os resultados. Os cinco descritores que direcionaram a busca dos artigos – *experimental activities*, *laboratory*, *laboratory experiences*, *metacognition*, *metacognitive* – foram combinados de seis formas diferentes, conforme o Quadro 02.



Quadro 02 – Relação da combinação dos descritores utilizados

| Nº | Combinação dos descritores                |
|----|---|
| 1  | experimental activities AND metacognition |
| 2  | experimental activities AND metacognitive |
| 3  | laboratory AND metacognition              |
| 4  | laboratory AND metacognitive              |
| 5  | laboratory experiences AND metacognition  |
| 6  | laboratory experiences AND metacognitive  |

Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

Como recorte temporal, foram definidas as pesquisas desenvolvidas após o ano 2000, pois, segundo Zohar e Barzilai (2013), é a partir desse período que há um crescente interesse da comunidade acadêmica pela metacognição. Após as submissões das seis combinações suprarreferidas, foi realizado o agrupamento dos resultados, resultando em 554 artigos, teses e dissertações. O primeiro parâmetro estabelecido para triagem dos documentos foi a eliminação das publicações repetidas, resultando em 356 textos não repetidos.

Na sequência, procedemos à leitura do título, do resumo e das palavras-chave, tendo como segundo critério de seleção da amostra encontrar os seguintes termos: “experimental activities”, “laboratory”, “laboratory experiences”, “metacognition”, “metacognitive”, “science”, “physics”, “chemistry” e “biology”. Após esse filtro, restaram 50 artigos.

Após a leitura rigorosa dos resumos, percebemos que 31 deles não atendiam aos parâmetros propostos por nosso estudo. Em outras palavras, apenas 19 tratavam de intervenções didáticas desenvolvidas por meio de atividades experimentais associadas à metacognição. Antes mesmo da análise dos dados, a escassez de estudos na área se evidencia, representando, aproximadamente, 5,34% do total investigado. Os 94,66% remanescentes dirigem-se a pesquisa sobre diferentes áreas do saber associado ora a atividades experimentais, ora aos aspectos metacognitivos.

Os estudos são apresentados no Quadro 03 respeitando-se sua ordem cronológica de publicação, sendo destacados os seguintes elementos: título do trabalho, autoria, ano de publicação e periódico em que o artigo foi publicado.

Quadro 03 – Relação dos artigos selecionados como corpus

| Nº | Título   | Autor(es)  | Ano  | Periódico  |
|----|--|--|------|--|
| 01 | Modifying Cookbook Labs to Mentally Engage Students  | Robert L. Clark;<br>Michael P. Clough;<br>Craig A. Berg                                | 2000 | The Science Teacher  |
| 02 | Enabling Metacognition in the Laboratory: A Case Study of Four Second Year University Chemistry Students   | Bette Davidowitz;<br>Marissa Rollnick  | 2003 | Research in Science Education                                  |
| 03 | Using a Science Writing Heuristic to enhance learning outcomes from laboratory activities in seventh-grade science: quantitative and qualitative aspects | Brian Hand;<br>Carolyn W. Wallace;<br>Eun-Mi Yang                                      | 2004 | International Journal of Science Education                     |
| 04 | Enhancing Science Teaching by Doing More: A Framework to Guide Chemistry Students' Thinking in the Laboratory  | Lori Carillo;<br>Chris Lee;<br>Dawn Richey   | 2005 | The Science Teacher  |
| 05 | Metacognitive activity in the physics student laboratory: is increased metacognition necessarily better?   | Rebecca L. Kung;<br>Cedric Linder  | 2007 | Metacognition and Learning                                     |
| 06 | The Inquiry Laboratory as a Source for Development of Metacognitive Skills   | Mira Kipnis;<br>Avi Hofstein   | 2008 | International Journal of Science and Mathematics Education     |
| 07 | Graduate teaching assistants' epistemological and metacognitive development  | Santiago Sandi-Urena;<br>Melaine M. Cooper;<br>Todd A. Gatlin                          | 2011 | Chemistry Education Research and Practice                      |
| 08 | Students' experience in a general chemistry cooperative problem based laboratory   | Santiago Sandi-Urena;<br>Melaine M. Cooper;<br>Todd A. Gatlin;<br>Gautam Bhattacharyya | 2011 | Chemistry Education Research and Practice                      |
| 09 | Effect of Cooperative Problem-Based Lab Instruction on Metacognition and Problem-Solving Skills  | Santiago Sandi-Urena;<br>Melaine M. Cooper;<br>Ron Stevens                             | 2012 | Journal of Chemical Education                                  |
| 10 | Analysis of students' generated questions in laboratory learning environments  | Juan A. Llorens-Molina;<br>Jesús M. L. de Jaime;<br>Isidora Sanz Berzosa               | 2012 | Journal of Technology and Science Education                    |
| 11 | Creating Metacognitive Awareness in the Lab: Outcomes for Preservice Science Teachers  | Deniz Saribaş;<br>Ebru Z. Mugaloğlu;<br>Hale Bayram                                    | 2013 | Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education |
| 12 | The Perceptions of Pre-Service Science Teachers' about Using Vee Diagrams and Electronic Portfolios in Physics Laboratory Course                         | İlke Çalışkan  | 2014 | Education Research and Reviews                                 |
| 13 | Skill development in experimental courses  | Héctor Bagán;<br>Rosa Sayós;<br>José F. García   | 2015 | Journal of Technology and Science Education                    |
| 14 | Extending Students' Practice of Metacognitive Regulation Skills with the Science Writing Heuristic   | Mary T. van Optsal;<br>Patrick L. Daubenmire   | 2015 | International Journal of Science Education                     |
| 15 | Metacognitive and multimedia support of experiments in inquiry learning for science teacher preparation  | Till Bruckermann;<br>Ellen Aschermann;<br>André Bresges;<br>Kirsten Schlüter           | 2017 | International Journal of Science Education                     |

| Nº | Título  | Autor(es)  | Ano  | Periódico                                  |
|----|---|--|------|--|
| 16 | Manifestations of metacognitive activity during the collaborative planning of chemistry practical investigations                  | Kgadi C. Mathabathe;<br>Marietjie Potgieter  | 2017 | International Journal of Science Education |
| 17 | Enhancing students' HOTS in Laboratory Educational Activity by using Concept Map as an Alternative Assessment Tool                | Intan Baizura A. Ghani;<br>Nor Hasniza Ibrahim;<br>Noraffandy A. Yahaya;<br>Johari Surif | 2017 | Chemistry Education Research and Practice  |
| 18 | Thinking Processes Associated with Undergraduate Chemistry Students' Success at Applying a Molecular-Level Model in a New Context | Melonie A. Teichert;<br>Lydia T. Tien;<br>Lisa Dysleski;<br>Dawn Rickey                  | 2017 | Journal of Chemical Education              |
| 19 | Augmented reflective learning and knowledge retention perceived among students in classrooms involving virtual laboratories       | Krishnashree Achuthan;<br>Saneesh P. Francis;<br>Shyam Diwakar                           | 2017 | Education and Information Technologies     |

Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

Na sequência é apresentado um resumo de cada artigo, situando o objetivo, participantes, contexto e os resultados encontrados.

### 2.3 Descrição dos estudos selecionados

A *primeira pesquisa*<sup>14</sup>, de autoria de Clark, Clough e Berg (2000), modifica a abordagem “receita de bolo” de uma atividade experimental para uma que incorpore o conhecimento prévio dos alunos, possibilitando a reflexão e a tomada de decisões. A metacognição é mencionada uma vez na introdução. Os autores não mencionam a quantidade de alunos que participaram do estudo e nem o nível escolar em que estavam matriculados. A atividade começou com a identificação das propriedades observáveis do cristal, como cor, textura, odor, estado e forma cristalina. Na sequência, o nome da substância foi revelado, sulfato de cobre pentahidratado ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ), deixando os estudantes perplexos ao descobrirem a existência de moléculas de água no cristal e levando-os a questionar a possibilidade de extrair essa água. Os alunos, divididos em duplas, foram encarregados de proporem uma atividade experimental para desidratação da substância que trouxesse como resultado a porcentagem de massa de água desse cristal. Os resultados obtidos nessa atividade variaram de 2 a 70%. Surge um debate sobre como determinar se o cristal foi completamente desidratado e sobre outros possíveis problemas que podem ter ocorrido no desenvolvimento.

Os alunos munidos com uma compreensão mais robusta do fenômeno, reproduziram a experiência aprimorando as questões discutidas. Os autores relatam que os dados compartilhados no segundo momento estavam agrupados em um pequeno intervalo em torno

<sup>14</sup> Os estudos estão descritos em ordem cronológica, seguindo a mesma sequência apresentada no Quadro 03.

do valor de 36% e que foi notável o crescimento do entusiasmo e da confiança dos alunos. A atividade foi finalizada com a aplicação da Lei de Conservação da Massa pelos alunos para explicar a diminuição relativa da massa do cristal. Segundo os autores, essa abordagem aumenta significativamente a compreensão dos alunos sobre a matéria, suas propriedades, a natureza da ciência e a investigação. Para eles, o que faz dessa atividade uma experiência efetiva de aprendizagem é função assumida pelos alunos e pelo professor na investigação do fenômeno.

A *segunda investigação*, de Davidowitz e Rollnick (2003), explora dois objetivos: a utilização do tripé de competências<sup>15</sup> e do diagrama de fluxo<sup>16</sup> para o aprimoramento da metacognição dos estudantes durante as atividades de laboratório da disciplina de Química e a ligação da metacognição dos alunos com o uso de abordagens<sup>17</sup> do aprendizado. Para tal, as autoras realizaram um estudo de caso com quatro estudantes selecionados entre doze entrevistados. Focou-se nas declarações provenientes de entrevistas e questionários assim como seu desempenho nos relatórios, exames e testes. O diagrama de fluxo era apresentado pelo aluno ao professor antes de iniciar a atividade experimental. O tripé de competências foi introduzido para ajudar os alunos a se tornarem mais conscientes de seu processo de pensamento e para encorajá-los a tomar uma visão alternativa e mais metacognitiva das atividades no laboratório.

O diagrama de fluxo obteve parecer positivo dos quatro alunos. As evidências do estudo apontam que o diagrama de fluxo é um bom recurso metacognitivo, que pode permitir uma abordagem profunda, mas não a garante. Em relação ao tripé de competências, apenas metade dos alunos responderam que o consideraram útil. Todos os alunos adotaram uma abordagem de aprendizado profunda, porém um alternou entre as abordagens para atender às demandas da atividade. Três estudantes apresentaram altos níveis de metacognição enquanto um apresentou nível intermediário. Cabe ressaltar que não foi o mesmo aluno que alternava entre as

---

<sup>15</sup> O tripé de competência foi construído com base em fatores identificados pela literatura como essenciais para determinar o processo de pensamento dos estudantes em atividades experimentais. Cada “perna” do tripé representa um desses fatores, que são o conhecimento declarativo, o conhecimento procedimental e a competência de comunicação. As “pernas” do tripé são ligadas a um anel, que representa a ligação que os alunos podem fazer entre os vários componentes. Uma gaze metálica colocada em cima do tripé simboliza outros dois fatores que são importantes durante as atividades experimentais, que são as interações humanas e o gerenciamento do tempo.

<sup>16</sup> Por diagrama de fluxo é entendido uma representação esquemática da relação entre ideias e conceitos. O diagrama apresenta um caminho entre a partida e a chegada. Na pesquisa relatada por Davidowitz e Rollnick (2003), os alunos leram o manual de laboratório e construíram um diagrama de fluxo sobre como iriam desenvolver a atividade experimental. Além disso, as autoras destacam que o diagrama de fluxo foi apontado na literatura como uma ferramenta metacognitiva.

<sup>17</sup> A abordagem descreve a relação entre o estudante e o aprendizado que ele está desenvolvendo. Para as autoras, a abordagem pode ser superficial ou profunda. A primeira ocorre quando a aprendizagem é memorizada mecanicamente, possibilitando a aprovação em provas. A profunda é utilizada quando o acadêmico busca compreender o significado do que está aprendendo. As autoras ainda mencionam que as abordagens profundas podem ser resultado do pensamento metacognitivo.

abordagens. As autoras concluem afirmando que não foi possível estabelecer se o tripé de competências foi responsável pela evocação do pensamento metacognitivo, entretanto, sua introdução proporcionou movimentações que podem ser identificadas como metacognitivas.

O *terceiro artigo*, desenvolvido por Hand, Wallace e Yang (2004), investiga a implementação da Escrita Científica Heurística (na sigla em inglês SWH) e a atividade de escrita de uma explicação em forma de livro didático para promover a compreensão conceitual e metacognição dos alunos. A SWH é um “formato” de escrita utilizado, nesse artigo, para a produção de relatórios de atividades experimentais a partir das respostas fornecidas pelos alunos à uma lista de perguntas que guiam a reflexão sobre as etapas da atividade experimental de natureza investigativa. O professor também possui uma lista de questões para orientar os alunos no desenvolvimento da atividade. Noventa e três participantes do sétimo ano foram divididos em três grupos - uma turma era o grupo controle (CG), duas turmas eram o grupo SWH (SG) e duas turmas eram o grupo SWH que escreveu também uma explicação de livro didático (STG).

Foi usada uma abordagem de método misto para avaliar a aprendizagem em uma situação real de ensino. O design quase experimental permitiu avaliar o desempenho dos alunos em pré e pós-teste de compreensão de conceitos da disciplina de Biologia. O teste era composto por 34 questões objetivas e 3 discursivas sobre conceitos da unidade celular e foi aplicado no início das aulas e após a conclusão do projeto final. Como questões discursivas não eram comuns nas avaliações feitas pelo professor, e pela escola de modo geral, os pesquisadores optaram por incluir apenas três para equilibrar as demandas da pesquisa com a natureza do trabalho desse sistema escolar. O projeto final era escrever uma seção de um livro didático para o STG e um resumo das principais ideias aprendidas durante as atividades experimentais para o CG e SG. A seção escrita pelo STG foi avaliada por alunos do sétimo ano de outra escola e as revisões foram baseadas nos comentários desses pareceristas. As entrevistas foram realizadas após aplicação do pós-teste, com três alunos de cada turma pertencente aos grupos SG e STG.

Os dados quantitativos forneceram fortes evidências da eficácia da SWH e da atividade de escrita de livro didático em aprimorar o entendimento conceitual sobre as células. O fato do STG ter sobressaído os dois outros grupos nas questões discursivas e apenas o CG nas questões objetivas foi algo que surpreendeu os pesquisadores. A entrevista revelou que os estudantes atribuíram o aumento de sua compreensão à formulação da própria questão, à participação em discussões em grupo, às novas conexões entre os conceitos e ao ato de escrever. Os dados também demonstram um entendimento sofisticado sobre a investigação científica e o desenvolvimento da consciência dos processos cognitivos e metacognitivos necessários para realização da atividade. Segundo os autores, quando o estudante aceita a responsabilidade de

tomar as decisões necessárias para desenvolver a atividade experimental, ele se torna mais engajado cognitivamente e metacognitivamente no processo. Ter os pares como audiência requer que o aluno examine e aprofunde seu próprio conhecimento, detectando as lacunas existentes, e traduza a linguagem técnica para uma mais adequada à audiência, estando assim envolvido em uma atividade metacognitiva.

Carillo, Lee e Rickey (2005) relatam, no *quarto trabalho*, duas atividades experimentais do formato MORE que foram desenvolvidas com alunos da disciplina de Química. O MORE (Model-Observe-Reflect-Explain), que havia sido implementado no nível superior, foi adaptado para auxiliar os alunos da educação básica a pensarem mais como cientistas enquanto investigam a química. Nesse formato, antes da atividade experimental, o estudante deve criar – com base em seus conhecimentos prévios - um modelo inicial do tema em estudo enfatizando o que espera observar e o que estaria causando esses efeitos. Na sequência, os alunos conduzem experimentos e anotam as observações. Durante e após a atividade, os estudantes são encorajados a refletir sobre as implicações de suas observações para seus modelos iniciais. Ao final, o aluno deve explicar como e por que a atividade deu suporte para suas ideias iniciais ou não.

A primeira atividade experimental era sobre condutividade e a segunda, propriedades dos antiácidos. Os autores apresentam uma ferramenta holística para avaliar de forma mais integral os modelos iniciais e finais desenvolvidos pelos alunos. Segundo eles, essa ferramenta permite aos professores aprender mais sobre o que os estudantes realmente estão pensando, em comparação com ferramentas tradicionais. A análise das filmagens do primeiro experimento sugere que os professores devem solicitar aos alunos que expressem suas ideias de forma oral e escrita se desejam que eles tenham discussões mais sofisticadas sobre o tema em sala de aula. A menção à metacognição aparece na introdução do artigo e sutilmente nos resultados, quando menciona que esse formato de atividades auxilia os estudantes a aprender a aprender.

O estudo de Kung e Linder (2007) representa a *quinta pesquisa* analisada, cujo objetivo esteve em avaliar a confiabilidade do esquema de codificação e examinar as diferenças no comportamento dos alunos. Para tanto, os autores examinam as declarações metacognitivas e o comportamento geral do grupo de alunos em três formatos diferentes de atividades experimentais. Os formatos são o tradicional (dois grupos); o tradicional acrescido de questões para responder (dois grupos); e o investigativo (quatro grupos), onde os estudantes recebem uma questão para responder e, posteriormente, precisam defender seu método e resultados para os outros grupos.

As gravações em vídeo dos grupos de alunos realizando as atividades experimentais foram transcritas e codificadas usando um esquema de codificação elaborado a partir de pesquisas relacionadas à resolução de problemas matemáticos. O comportamento dos grupos foi categorizado em *fuga do tema* (tópicos não relacionados à atividade experimental), *logística* (atividades procedimentais que não envolvem discussões, como leitura do manual, montagem de equipamentos, produção de dados, etc.) e *tomada de sentido* (exploração, planejamento e avaliação, incluindo as discussões sobre os mais variados aspectos). Ao criar uma linha do tempo com o comportamento de cada grupo é possível observar quando uma declaração metacognitiva causou uma mudança de comportamento do grupo.

Determinar quando uma afirmação tem objetivo cognitivo ou metacognitivo não é uma tarefa fácil. Para obter uma confiabilidade satisfatória na classificação, os autores optaram por limitar o estudo às verbalizações metacognitivas que foram assim identificadas por pelo menos dois dos três pesquisadores. Os autores argumentam que a escolha por analisar apenas as verbalizações não constitui uma limitação dado que o trabalho em grupo exige comunicação verbal e que manifestações não verbais dificilmente irão afetar o restante do grupo. Além disso, os autores destacam que não foi possível identificar se os diferentes formatos de atividades experimentais tiveram diferentes quantidades de transição de comportamento. Acreditam, no entanto, que os alunos engajados em atividades investigativas estavam cientes que não conseguiriam completar satisfatoriamente o exercício se não compreendessem o sentido das ações. Os autores concluem que ter mais metacognição não é crucial, o que parece importar é se a metacognição faz com que os estudantes mudem seu comportamento.

O *sexto estudo* foi desenvolvido por Kipnis e Hofstein (2008) e teve como objetivo principal pesquisar o potencial das atividades investigativas para o desenvolvimento de habilidades metacognitivas em estudantes de Química. O universo de pesquisa foram alunos do 11º e 12º ano de escolas de Ensino Médio urbanas e suburbanas de Israel. Para a geração de dados os autores escolheram três fontes com as quais foi realizado a triangulação. O primeiro foi um estudo de caso com três estudantes durante a atividade investigativa, sendo a metacognição analisada de acordo com o modelo de Schraw (1998). Vinte alunos foram entrevistados e a metacognição foi avaliada pelo modelo de Flavell, Miller e Miller (2002). Por último, 137 ensaios reflexivos escritos pelos alunos sobre suas experiências nos processos investigativos que foram usados para reforçar os argumentos dos autores, já que uma análise sistemática não seria possível em função de que os pesquisadores não tiveram nenhum controle sobre a escrita dessas reflexões.

Gunstone (1991) e Gunstone e Champagne (1990), em Kipnis e Hofstein (2008), sugerem que a aprendizagem no laboratório pode ocorrer se envolver menos atividades técnicas e mais do tipo metacognitivas, como interação e reflexão. Kipnis e Hofstein (2008) - autores dessa pesquisa – alegam que as atividades investigativas proporcionam oportunidades de praticar as habilidades metacognitivas quando devidamente planejadas e executadas. A metacognição é considerada como um dos objetivos a serem alcançados na aprendizagem em Ciências. As principais razões são: a promoção da aprendizagem significativa ou aprendizagem com compreensão; permitir os alunos a aprender qualquer conhecimento que no futuro se tornar essencial e o desenvolvimento da autonomia na aprendizagem. O entendimento de metacognição está alinhado ao modelo apresentado pelos autores Schraw (1998) e Flavell, Miller e Miller (2002).

Os dados produzidos durante a pesquisa permitiram identificar a expressão de diferentes componentes da metacognição durante o processo investigativo. Por se tratar de um processo interno, os alunos sob observação devem se comunicar verbalmente e estar dispostos a revelar seus pensamentos. Nas entrevistas foi mais fácil identificar os aspectos metacognitivos porque eles refletiram sobre sua cognição (foram metacognitivos) ao falar sobre seus conhecimentos e aprendido. A metacognição dos alunos também é nítida em seus escritos reflexivos ao se referirem as investigações e ao próprio processo de aprendizagem. Os autores reconhecem que as atividades investigativas fornecem uma oportunidade para os alunos praticarem atividades e habilidades metacognitivas. Os pesquisadores finalizam salientando que a variável mais importante para o desenvolvimento da metacognição é a motivação do estudante para utilizar o tempo e a atividade para uma aprendizagem significativa.

O trabalho desenvolvido por Sandi-Urena, Cooper e Gatlin (2011) e *sétimo na lista de estudo* apresentou interesse em investigar se o engajamento dos assistentes de ensino<sup>18</sup> no laboratório de Química cooperativo baseado em projetos teria efeito tanto sobre seu desenvolvimento epistemológico e metacognitivo quanto no crescimento como pesquisador. Os requisitos para a seleção desses assistentes de ensino era ser estudante do primeiro ano de uma Pós-Graduação e não ter experiência nesse tipo de laboratório. Os treze recrutados participaram de um treinamento antes de iniciar suas tarefas e receberam um suporte contínuo no formato de reuniões semanais com a equipe. Os dados foram gerados no final do semestre por meio de

---

<sup>18</sup> O assistente de ensino (em inglês *graduate teaching assistant* – GTA) é o estudante de pós-graduação que exerce a função de assistente de ensino em laboratório – geralmente - em cursos de graduação durante meio período. Essa atividade é uma fonte de remuneração e uma maneira de obter uma valiosa experiência de ensino. Dos treze participantes desse estudo, cinco já haviam concluído o curso de Mestrado.



entrevistas semiestruturadas e analisados usando a abordagem fenomenológica. Três dimensões que descrevem a experiência vivida pelos participantes emergiram da análise: afetivo, metacognitivo e epistemológico.

Os autores adotam o Modelo de Reflexão Epistemológica de Baxter (2004) que propõe quatro estágios de desenvolvimento intelectual epistemológico. Foi escolhido utilizar a regulação da cognição. Em relação às atividades experimentais, não foi apresentado referencial teórico para embasar as escolhas. No entanto, é informado que o estudo faz parte de um programa de pesquisa maior, que visa investigar o ambiente de aprendizagem gerado pela utilização de projetos cooperativos baseados em problemas no laboratório de Química, insinuando que a fundamentação desse trabalho pode ser encontrada em outras publicações do programa.

O engajamento afetivo dos assistentes de ensino era majoritariamente explícito - variando desde a excitação à completa frustração. No entanto, a frustração dos assistentes, em geral, diminuiu ao longo do tempo, possivelmente em função do apoio recebido durante as reuniões semanais. O nível de sofisticação epistemológica dos participantes aumentou por meio da reflexão sobre a natureza do conhecimento e da aprendizagem. As descrições das experiências dos assistentes nesse ambiente de aprendizagem forneceram evidências da utilização de estratégias metacognitivas (ações regulatórias da cognição) para cumprir com a responsabilidade de conduzir o experimento. Na opinião dos autores, experiências de ensino apropriadas podem contribuir para formação de cientistas.

A *oitava investigação*, de autoria de Sandi-Urena et al. (2011), teve o intuito de verificar a essência da experiência dos estudantes no laboratório de Química cooperativo baseado em projetos. Nesse artigo, os autores apresentam uma pesquisa qualitativa conduzida para avançar na compreensão causal dos resultados quantitativos de um estudo anterior (nono trabalho aqui apresentado) que evidenciou um aumento no uso de estratégias metacognitivas e maior habilidade em resolução de problemas de Química na plataforma *online* IMMEX<sup>19</sup>. Nesse modelo de laboratório os estudantes, em grupo, recebem o cenário inicial a partir do qual devem planejar e conduzir a investigação de um problema, sem instruções formais. Esse programa

---

<sup>19</sup> Os exercícios multimídia interativos (em inglês *Interactive Multi-Media Exercises – IMMEX*) é uma plataforma *online* de aprendizagem capaz de mensurar o progresso do aluno na capacidade de resolução de problemas. A medição da performance é realizada por meio de uma série de ferramentas de avaliação formativas que auxiliam o professor a entender os dados em tempo hábil para ajustar a condução da atividade. Na investigação relatada, é apresentado um problema mal definido num cenário da vida real. Cada problema contém múltiplos casos (substâncias desconhecidas à serem identificadas). A plataforma registra todas as ações (performance) realizadas para descobrir a substância. Redes neurais artificiais e modelos de Markov foram usados para agrupar as ações em estratégias, ou estados. A capacidade dos estudantes na resolução de problemas foi medida usando os dados da performance na Teoria de Resposta ao Item.

utiliza estudantes da Pós-Graduação como assistentes de ensino (GTAs). A experiência de aprendizado é desenhada para que os alunos exercitem as habilidades metacognitivas de planejamento, monitoração e avaliação. Não é fornecido um referencial teórico para a metacognição, enquanto que informações adicionais sobre as características desse laboratório podem ser encontradas nos manuais do estudante e do professor, sendo ambas obras da autora Melanie Cooper.

Os dados foram produzidos por intermédio de entrevistas semiestruturadas para fomentar a reflexão dos participantes sobre sua experiência no laboratório. Ao todo, onze universitários se voluntariaram para colaborar na pesquisa. Da análise fenomenológica surgem três dimensões que contribuem para descrever a experiência: resposta afetiva, entendendo a experiência e resposta estratégica. A primeira é caracterizada pela reação inicial – desconforto, resistência, neutra ou positiva – seguida da aceitação. A segunda, compreensão do paradigma do laboratório, composto pelo papel do assistente de ensino, expectativas, dinâmicas do trabalho em grupo dentre outros. Uma vez que os alunos aceitam e entendem a dinâmica, eles embarcam no desenvolvimento e implementação de atividades e habilidades necessárias para o sucesso, que faz parte do terceiro aspecto da experiência. Essas atividades e habilidades se enquadram nas três componentes da regulação do conhecimento: planejamento, monitoramento e avaliação. O ambiente de aprendizagem descrito ofereceu ricas oportunidades para a prática metacognitiva sem que os participantes tenham sido diretamente instruídos sobre a metacognição.

Desenvolvido por Sandi-Urena, Cooper e Stevens (2012), o *nono trabalho* reporta o efeito do laboratório de Química cooperativo baseado em projetos, na habilidade de resolução de problemas e na atividade metacognitiva em estudantes universitários. A investigação é situada na disciplina de Química Geral, que inclui de oito a dez projetos de laboratório por ano. Grupos de quatro alunos são responsáveis por uma série de atividades durante a realização do projeto, desde a análise do problema, implementação de experimentos e finda com a redação de um relatório individual. Essas atividades requerem dos estudantes o planejamento, monitoração e avaliação, que constituem a componente vinculada a regulação do conhecimento no conceito de metacognição apresentado no segundo capítulo.

A avaliação da habilidade de resolução de problemas e da atividade metacognitiva foi realizada pelo *software online* IMMEX. Esse instrumento foi utilizado tanto para o grupo controle (antes do início dos projetos) quanto para o grupo tratamento ou experimental (após a conclusão dos projetos). Segundo os autores, os resultados quantitativos evidenciam o efeito positivo do laboratório cooperativo baseado em projetos na resolução de problemas e nas

estratégias metacognitivas. Para conferir maior validade e confiabilidade aos resultados, foi realizada a replicação com o segundo grupo de alunos e conduzido um estudo qualitativo com a colaboração de um especialista para avançar na compreensão (oitava investigação aqui relatada). Os autores acreditam que as descobertas dessas duas pesquisas, assim como de estudos independentes, apoiam a alegação de que esse modelo de laboratório repercutiu em aumento da capacidade de resolução de problemas e de uso das estratégias metacognitivas para os estudantes.

Llorens-Molina, de Jaime e Berzosa (2012) descrevem o *décimo estudo* que busca projetar e aplicar uma ferramenta de avaliação para caracterizar laboratórios de aprendizagem em um curso introdutório de Química Orgânica. Para esse fim, as questões que os alunos espontaneamente perguntam ao professor durante as aulas de laboratório foram escolhidas como fonte de informação. Um total de 377 questões espontâneas de 25 sessões de laboratório foram gerados ao longo de cinco anos consecutivos. Da análise qualitativa emergiram as três categorias educacionais mais significativas: questões conceituais e metodológicas; participação ativa e interesse em aprofundar os conhecimentos; e, questões relativas a infraestrutura.

Os autores identificaram a falta de habilidade mínima para manejar instrumentos laboratoriais; a necessidade de melhoria na gestão do laboratório em relação a aspectos organizacionais e infraestruturais; falta de conhecimento operacional e indicação de baixo nível de autonomia. Para os autores, os resultados os impulsionam a defender uma transformação radical no papel das atividades de laboratório na aprendizagem, que seja integrado a um processo coerente de construção do conhecimento. A metacognição aparece de forma sutil no resumo e nas palavras-chave, recomendando o seu uso para que os alunos alcancem um conhecimento do próprio conhecimento e de suas habilidades.

No *décimo primeiro artigo*, Saribaş, Mugaloğlu e Bayram (2013) examinam a influência da orientação metacognitiva em futuros professores de Ciências durante as aulas de laboratório sobre o conhecimento científico, as habilidades de processos científicos e a visão da natureza da ciência. Os autores do texto compreendem que o “conhecimento científico” se refere ao conhecimento processual, declarativo e conceitual dos conteúdos da ciência; as “habilidades do método científico”, a observação, experimentação, produção de dados e interpretação; e a “visão da natureza da ciência”, a epistemologia subjacente a esses processos. Esse estudo recorreu a *prompts* metacognitivos que incluem perguntas, discussões e reflexões durante as aulas em laboratório para estimular a consciência metacognitiva nos estudantes do grupo experimental.

Para atingir os objetivos, foi conduzido um estudo experimental com 48 universitários do primeiro ano do curso de Química de uma universidade pública da Turquia. A amostra foi dividida aleatoriamente em dois grupos, experimental e controle, que desenvolveram 11 experimentos sobre o conteúdo dessa disciplina. Todos os estudantes responderam aos pré e pós-testes e entregaram um relatório com questões sobre cada experimento. O grupo experimental discutiu o planejamento dos experimentos e preencheu formulários reflexivos sobre o curso e sobre cada experimento enquanto que o grupo controle apenas seguiu os procedimentos do manual de laboratório. Outra diferença é que o grupo experimental respondeu questões a respeito das implicações dos experimentos no cotidiano.

O pré-teste indicou que não havia uma diferença significativa entre os dois grupos em termos das estratégias metacognitivas de aprendizagem, habilidades do método científico, conhecimento científico e visão da natureza da ciência. Não foi notada diferença significativa do conhecimento científico entre os grupos. Os resultados do estudo indicaram que ambos os grupos mantiveram as mesmas concepções equivocadas sobre a visão na natureza da científica. Os autores ressaltam que esse resultado é consistente com a literatura e enfatizam a necessidade de uma abordagem explícita sobre essa visão nas atividades desenvolvidas. A orientação metacognitiva, no entanto, auxiliou os estudantes do grupo experimental a desenvolver de maneira mais eficaz o entendimento conceitual, as habilidades do método científico e as estratégias metacognitivas de aprendizagem.

A *décima segunda pesquisa*, desenvolvida por Çalişkan (2014), buscou identificar as percepções dos futuros professores de Ciências sobre o uso de Diagrama em V<sup>20</sup> e de portfólios eletrônicos no laboratório de Física. Não foi apresentado referencial teórico que sustenta as atividades experimentais nem a metacognição. O modelo de atividades experimentais utilizado no estudo não é explicitado. Todos os participantes não tinham experiências no laboratório de Física e não conheciam o diagrama em V antes da pesquisa. Os professores em formação inicial divididos em grupos executaram sete atividades experimentais relacionadas a tópicos de Física Geral. Os diagramas em V foram construídos com uma organização pré-definida, apresentando desde a pergunta e conceitos até a aplicação de cada experimento. A elaboração dos portfólios

---

<sup>20</sup> O diagrama V ou UVê epistemológico ou “V” de Gowin consiste em um diagrama em formato da letra V que separa o domínio conceitual na esquerda e o domínio metodológico na direita. Ambos os lados interagem por meio de questões-foco que relacionam os conceitos dos objetivos. A estrutura do diagrama fornece um manual sistemático que permite aos alunos raciocinar a partir do contexto do problema sobre o uso da metodologia, como a elaboração de hipóteses e variáveis, condução de experimentos, etc.

eletrônicos<sup>21</sup> contemplou todo o processo laboratorial: expectativas, percepções, sentimentos, reflexões, avaliação geral, contribuições e sugestões.

O estudo foi realizado com um total de 103 estudantes na disciplina de Laboratório de Física Geral. A classificação dos diagramas em V, os questionários abertos, as entrevistas semiestruturadas e o portfólio eletrônico foram usados como fonte de dados. Ressalta-se que foram selecionados 12 estudantes para participar como grupo focal nas entrevistas, tendo como critérios de seleção o desempenho e a disponibilidade. Os resultados evidenciaram o desenvolvimento das habilidades do processo científico, metacognitivas e sociais; e da prevenção de equívocos. As desvantagens mencionadas podem ser provenientes da falta de experiência em usar o Diagrama em V e o portfólio eletrônico. Segundo a autora, o Diagrama em V e o portfólio eletrônico contribuíram positivamente nas questões relativas a assumir a responsabilidade e participar de sistemas de avaliação, que são elementos fundamentais para a aprendizagem metacognitiva.

O *décimo terceiro artigo*, desenvolvido por Bagán, Sayós e García (2015), investiga o desenvolvimento da motivação, autorregulação, autonomia na aprendizagem, trabalho em grupo e habilidades comunicativas em aulas experimentais. Não é fornecido a fundamentação das atividades experimentais nem o modelo utilizado. A metacognição também carece de referencial. Para realizar cada atividade proposta pelo professor, os estudantes pesquisaram na literatura diferentes procedimentos experimentais e submeteram ao professor o que consideraram mais apropriado em termos de segurança, disponibilidade de instrumentos e qualidade dos resultados. O aluno executa o experimento e obtém resultados que são discutidos com o professor. Após avaliar o trabalho desenvolvido pelo estudante, o professor atribui outra tarefa.

O universo de pesquisa foram 25 estudantes de Química matriculados na disciplina de Laboratório de Química Analítica Básica da Universidade de Barcelona, Espanha. Os instrumentos utilizados para produção dos dados foram: dois formulários, a observação do professor e portfólio<sup>22</sup> ou pasta de aprendizagem. Em seu portfólio, os alunos foram solicitados

---

<sup>21</sup> Não foi mencionado qual site ou *software* foi utilizado para a criação do portfólio eletrônico. A estrutura do portfólio eletrônico é composta por três partes: prefácio, onde foram descritas as expectativas do estudante em relação ao curso, a ele mesmo e ao professor; diário, onde foi enfatizado suas percepções, sentimentos e reflexões sobre o curso; e epílogo, onde é feita uma avaliação geral e onde os alunos declaram contribuições e sugestões para a atividade.

<sup>22</sup> O portfólio é um conjunto de materiais ou de evidências selecionados para mostrar, refletir e avaliar o processo de aprendizagem durante um determinado período de tempo. Ele pode ser dividido em quatro tipos: dossiê, usado para avaliar assuntos ou competências; treinamento, usado para promover a reflexão dos alunos sobre sua própria aprendizagem; reflexivo, usado como iniciativa pessoal para demonstrar as habilidades adquiridas e o portfólio de desenvolvimento pessoal, usado para avaliação pessoal e reflexão sobre o crescimento profissional em processos de longo prazo. No estudo desenvolvido por Bagán, Sayós e García (2015), foi solicitado aos

a selecionar uma tarefa como a evidência mais significativa de sua aprendizagem, descrevendo-a, justificando sua escolha e refletindo sobre mudanças potenciais no caso de repeti-la.

Dois fatores que influenciam positivamente a motivação foi o uso de amostras relacionadas às experiências dos alunos e o entendimento de sua aplicação na vida real. O último fator também afeta a aprendizagem significativa, incentivando-a. Segundo os autores, as evidências indicam que o portfólio é excelente para promover a reflexão, o que favorece a autorregulação e a autonomia na aprendizagem. As atividades experimentais oferecem um contexto propício para o desenvolvimento de trabalhos em grupo e habilidades comunicativas. A avaliação da apresentação oral dos pares por meio de um formulário melhorou as habilidades comunicativas e promoveu a reflexão metacognitiva do próprio processo de aprendizagem. Os autores destacam que alguns participantes desse estudo solicitaram em disciplinas subsequentes a repetição de algumas experiências por considerarem úteis para o desenvolvimento de suas habilidades.

O *décimo quarto trabalho*, escrito por van Optsal e Daubenmire (2015), objetivou compreender a influência da Escrita Científica Heurística (na sigla em inglês SWH) no uso de habilidades metacognitivas dos alunos durante a resolução de problemas de laboratório abertos. Durante um semestre os grupos controle e de tratamento realizam atividades experimentais semanalmente (tradicional e SWH, respectivamente). A cada duas ou três semanas, cada grupo resolve um dos cinco problemas de laboratório abertos, nos quais cabe aos acadêmicos desde o planejamento, condução e avaliação do experimento. Os autores exploram as diferenças no uso de estratégias de autorregulação metacognitivas adotadas nos problemas abertos em função do tipo de laboratório utilizado (SWH *versus* tradicional).

O modelo de metacognição referido é composto pelo conhecimento da cognição e regulação da cognição (autorregulação), sendo o último componente o foco do estudo. Os sujeitos pesquisados foram 62 estudantes universitários do curso de Graduação em Química, sendo 35 do grupo controle e 27 do grupo que recebeu instrução de escrita científica heurística. Foram administradas três avaliações para estabelecer a semelhança entre os dois grupos no início do semestre e um teste pré-pós laboratório para identificar o ganho conceitual em Química. Outra fonte de dados foi as duas entrevistas semiestruturadas conduzidas com cada um dos grupos, nove do grupo controle e dez do de tratamento, sobre as estratégias de autorregulação metacognitiva e percepção da aprendizagem.

---

estudantes que construíssem um portfólio de treinamento composto por uma tarefa, o que permitiu que eles enfocassem na seleção e reflexão da evidência promovendo a autorregulação e a autonomia da aprendizagem.

A análise qualitativa das entrevistas apontou diferenças em termos de grau e profundidade do uso dessas estratégias entre os dois grupos. A colaboração entre pares se tornou um caminho muito utilizado para apoiar o uso das estratégias metacognitivas à medida em que os alunos se engajavam em níveis mais avançados de regulação metacognitiva. Muitos estudantes envolvidos com a escrita científica heurística declararam que a instrução no laboratório os ensinou uma série de processos metacognitivos, tais como: planejamento, monitoração e avaliação. Segundo os autores, as evidências sustentam que a maneira como as atividades experimentais são organizadas afeta a prática de estratégias de regulação metacognitiva e sua transferência para novas situações.

A *décima quinta investigação*, de autoria Bruckermann et al. (2017), objetivou avaliar até que ponto suplementar o suporte cognitivo com andaimes metacognitivos e multimídia promove a melhoria na competência na realização de atividades experimentais vinculadas a disciplina de Biologia. O modelo de laboratório utilizado no estudo é as atividades experimentais investigativas. Os componentes da metacognição destacados na pesquisa são: planejamento, monitoramento e avaliação. A intervenção foi aplicada a 63 futuros professores de Biologia em seu primeiro ano de Graduação.

O grupo controle (CG) teve apenas o suporte cognitivo enquanto os três grupos de tratamentos tiveram adicionalmente: suporte metacognitivo (EG 1), suporte multimídia (EG 2), suporte metacognitivo e multimídia (EG 3). Os quatro grupos conduziram atividades experimentais sob a orientação de assistentes de ensino. A fim de medir o desempenho dos licenciandos no processo investigativo, foi aplicada a avaliação de performance. Os resultados evidenciam ganhos na competência de experimentação que refutam a hipótese dos autores. A combinação de diferentes andaimes não é garantia de melhoria dos resultados de aprendizagem.

O *décimo sexto estudo*, escrito por Mathabathe e Potgieter (2017) buscou a identificação e caracterização de manifestações de atividade metacognitiva inerentes ao planejamento colaborativo em atividades experimentais de Química. A atividade metacognitiva foi definida como as ações de planejamento, monitoramento, controle e avaliação executadas durante as tarefas. O aspecto social da metacognição também foi avaliado nesse estudo. As autoras indicam a utilização do modelo colaborativo de atividades experimentais investigativas (p. 5), porém não apresentam a fundamentação teórica dessa escolha.

O trabalho foi conduzido com um grupo de estudantes universitários do terceiro ano de Química orgânica na África do Sul. Os graduandos participaram de um projeto onde foram incumbidos de avaliar experimentalmente qual das formas de obter um composto orgânico tinha a melhor relação custo-benefício. Para realização do projeto, os universitários foram divididos

em grupos de base e de especialistas, em conformidade com o método “Jigsaw” de Elliot Aronson. Os dados foram gerados a partir de indícios de processos metacognitivos nas comunicações verbais dos alunos durante a discussão dos grupos de especialistas e confirmados, ou refutados, por meio de entrevistas com os participantes dos grupos.

O processo de caracterização das manifestações metacognitivas resultou no desenvolvimento de um sistema de codificação que além de especificar as estratégias reguladoras captura as sutis diferenças que existiam nessas manifestações identificando seu tipo, área e profundidade. O sistema de codificação é composto por uma “árvore” para a classificação de verbalizações e um conjunto de critérios detalhados para inclusão/exclusão delas em cada uma das categorias de classificação. As autoras consideram essas ferramentas como sua contribuição para outros pesquisadores que desejam documentar ou monitorar a manifestação de atividade metacognitiva em contextos de aprendizagem colaborativa.

A *décima sétima pesquisa* descreve o trabalho desenvolvido por Ghani et al. (2017) para explorar o potencial dos mapas conceituais<sup>23</sup> como ferramenta de avaliação a fim de melhorar as habilidades de pensamento de ordem superior (na sigla em inglês HOTS) durante as atividades experimentais vinculadas a disciplina de Química. Apesar de ter uma seção dedicada a *aprendizagem por meio de atividades no laboratório*, não é apresentado o modelo de atividades utilizado. Também não há referencial sobre a metacognição. Para atingir os objetivos propostos, 32 estudantes foram selecionados de um internato no estado de Johor, Malásia. O estudo utilizou um método misto no qual a pesquisa qualitativa apoia a quantitativa. Foi utilizado o delineamento pré-experimental proposto por Campbell e Stanley, no qual o mesmo grupo é observado antes e depois do tratamento.

Os dados quantitativos foram gerados: antes e depois da atividade de laboratório, pela aplicação de um teste de habilidade de pensamento de ordem superior que mediu o nível de desempenho dos alunos na compreensão do conteúdo de eletrólise e pela análise das proposições feitas pelos alunos nos mapas conceituais. Os dados qualitativos foram produzidos pelo protocolo de verbalização simultânea<sup>24</sup> aplicado durante a elaboração dos mapas conceituais. Segundo os autores, os resultados mostram um aumento médio de 38,78% na compreensão enquanto as habilidades de pensamento de ordem superior dos alunos nos

---

<sup>23</sup> Os mapas conceituais são representações em formato de um diagrama que indicam relações entre conceitos. Esses mapas são compostos por conceitos, proposições e palavras de ligação. As proposições são declarações que unem conceitos a palavras de ligação. A precisão da proposição indica um alto nível de compreensão e, possivelmente, uma aprendizagem significativa.

<sup>24</sup> No protocolo de verbalização simultânea (em inglês *think aloud protocol*) os alunos foram instruídos a verbalizar em voz alta seus pensamentos e ações concomitante à construção dos mapas conceituais. Nesse artigo, seis estudantes que tinham a habilidade de falar bem foram escolhidos. O processo foi gravado em vídeo e em áudio.



conceitos de eletrólise aprendidos por meio das atividades experimentais quase triplicaram. Os autores destacam que a pontuação da avaliação do mapa conceitual é diretamente relacionada a do teste HOTS, sendo ambas causadas pela melhoria profunda na compreensão do conceito de eletrólise e associadas ao aumento da quantidade de explicações e monitoramento durante a construção do mapa conceitual.

No *décimo oitavo estudo*, Teichert et al. (2017) exploram as relações entre os processos de pensamentos de universitários envolvidos em atividades experimentais e seu subsequente sucesso em transferir a aprendizagem para novos contextos. A transferência de aprendizagem se refere a uma compreensão profunda sobre determinado assunto que capacita os estudantes a aplicarem o que aprenderam em contextos novos e diferentes. Estudos que investigam como favorecer a transferência em diferentes métodos instrucionais apontam que as abordagens que promovem a metacognição (monitoramento e regulação) melhoram o sucesso da transferência dos alunos em vários domínios, incluindo Leitura, Matemática, Física e Química.

O modelo de atividades experimentais utilizado foi o MORE (modelar-observar-refletir-explicar). Nas tarefas que precedem e sucedem as atividades experimentais, foi solicitado aos estudantes que fizessem um relatório escrito no qual poderiam utilizar palavras, figuras e símbolos para tornar explícitas suas representações mentais de soluções aquosas. Na etapa inicial, os estudantes descreveram suas ideias (modelo) sobre o nível molecular do sistema químico. Na sequência, os alunos executaram um conjunto de atividades experimentais que compara e contrasta os mais variados aspectos do fenômeno em estudo, refletindo sobre as implicações das observações empíricas em seu modelo inicial. Na última etapa, os estudantes refinam seus modelos iniciais (modelo final) embasados nas evidências produzidas e nas reflexões sobre as implicações, explicitando como e o porquê da reformulação. No final do semestre, os alunos foram entrevistados para avaliar suas habilidades de transferir a aprendizagem para novos contextos.

Participaram do estudo 28 universitários da disciplina de Química Geral do primeiro semestre do Curso de Ciência de uma Faculdade Comunitária. A análise dos resultados indicou a forte associação de três aspectos do processo de pensamento ao sucesso em transferir o conhecimento a um novo contexto: construção de modelo consistente com as evidências, envolvimento em monitoramento metacognitivo preciso e uso de evidências para justificar refinamentos do modelo. O envolvimento do aluno nesses três processos foi o melhor indicador de sucesso de transferência do que ter construído modelos iniciais cientificamente corretos.

No *décimo nono artigo*, Acuthan, Francis e Diwakar (2017) descrevem um estudo sobre mudanças nas modalidades de aprendizagem em ambientes laboratoriais com foco em

intervenções para melhorar o pensamento reflexivo na educação. Desse modo, os autores avaliam a combinação do laboratório universitário com o virtual e caracterizam a metacognição (M), o raciocínio análogo (A) e a transferência do conhecimento (T) associados a aprendizagem reflexiva. Não é utilizada uma fundamentação teórica para o laboratório, atividades experimentais ou metacognição.

O laboratório virtual utilizado é uma iniciativa do Governo da Índia para prover experiências de aprendizagem no laboratório para universitários que não tinham acesso a instalações e equipamentos adequados. Os participantes do estudo foram 145 estudantes do primeiro ano de Engenharia, divididos em dois grupos: CPV e CVP. O primeiro grupo frequentou o ensino em sala de aula (na sigla em inglês CT), em seguida o laboratório de Física (na sigla em inglês PL) e, na sequência o laboratório virtual (na sigla em inglês VL) enquanto que o segundo, CT, VL e PL. Três avaliações foram conduzidas em cada grupo, ao final de cada sessão. Os autores realizaram um estudo de retenção - uma vez por semana durante sete semanas - com os dois grupos e também com um terceiro grupo de estudantes que frequentou apenas o ensino em sala de aula (na sigla em inglês CT).

A geração dos dados foi obtida por meio de três questionários, incluindo questões sobre metacognição, raciocínio análogo e transferência do conhecimento. As mudanças das pontuações médias dos questionários sugerem que a aprendizagem reflexiva foi mais eficaz quando o laboratório virtual seguiu o ensino de sala de aula. No quesito metacognição, o ganho em pontuação entre a primeira e a terceira avaliação do grupo CPV foi de 69,4% enquanto que para o grupo CVP foi de 83,3%. Os autores também notaram que a retenção da informação pelos estudantes foi maior nos grupos CVP e CPV em relação ao CT.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A investigação que dá origem a este trabalho tem como propósito realizar uma revisão dos processos metacognitivos associados às atividades experimentais em pesquisas no campo da Educação em Ciências. Especificamente, buscamos identificar na literatura estrangeira as características das pesquisas e o modo como a metacognição foi utilizada nessas atividades. Para tanto, foi estruturado um estudo do tipo “estado do conhecimento”, estabelecendo como fonte de dados a base ERIC<sup>25</sup>.

Nessa base, foram identificados 19 artigos que atendem aos parâmetros propostos por essa pesquisa. Na sequência, foi realizada uma breve descrição das investigações, procurando assinalar o contexto, o objetivo e os resultados encontrados pelos autores. A partir dela, procedemos à classificação desses estudos seguindo o especificado no questionamento da investigação.

Ao examinar os dados agrupamos os artigos em função de elementos comuns de modo a torná-los compreensíveis em um dado contexto categorial. As categorias foram elencadas visando atender à pergunta da pesquisa. Para tanto, projetamos *a priori* duas categorias: I) panorama geral das pesquisas e II) a metacognição e as atividades experimentais presente nos artigos.

#### 3.1 Panorama geral das pesquisas

A presente categoria reúne as subcategorias referentes às características gerais das pesquisas, dentre as quais estão:

- i. Distribuição dos artigos por ano;
- ii. Revista periódica;
- iii. Distribuição geográfica;
- iv. Nível de ensino;
- v. Campo do conhecimento<sup>26</sup>;
- vi. Abordagem metodológica da pesquisa.

---

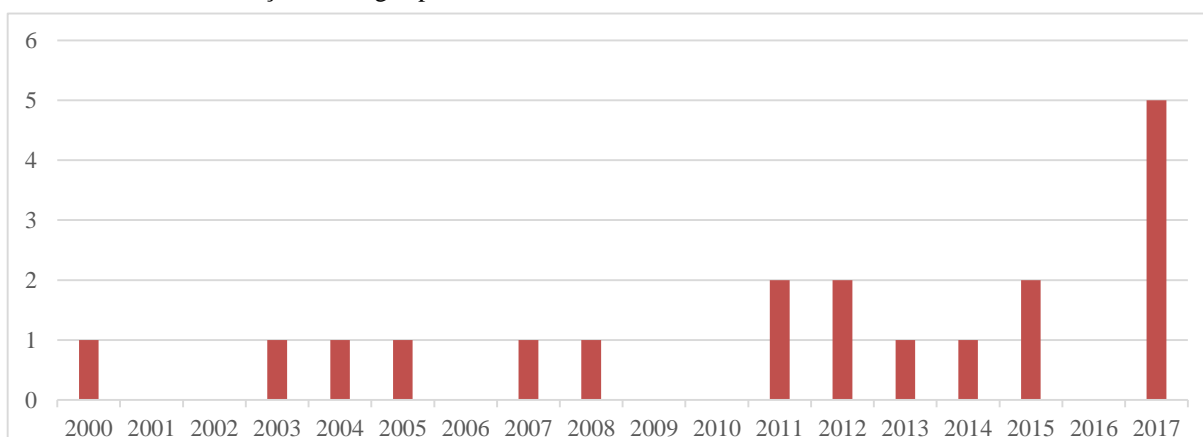
<sup>25</sup> Disponível em <https://eric.ed.gov/>

<sup>26</sup> Para efeitos de discussão no presente estudo adotamos o termo “campo do conhecimento” como alusão às nomenclaturas utilizadas pelos diferentes níveis de ensino. No Ensino Médio, por exemplo, o componente curricular recebe o nome de Biologia, Física ou Química. No Ensino Superior, o componente curricular pode ser denominado de “Introdução à Biologia”, “Física Geral e Experimental”, “Laboratório de Química”, dentre outras terminologias.

### 3.1.1 Distribuição dos artigos por ano

A primeira característica a ser analisada e que está representada no Gráfico 01 é a frequência de artigos publicados em cada um dos dezoito anos que compõem o recorte temporal.

Gráfico 01 – Distribuição de artigos por ano



Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

A diluição das investigações em doze dos dezoito anos investigados indica a importância da temática e seu carácter não efêmero. Outro dado que chama a atenção é que nos últimos nove anos (2009-2017) foi divulgado o dobro de investigações em relação aos primeiros nove anos (2000-2008). Os dados revelam que os estudos realizados sobre essa temática vêm se expandindo ao longo do tempo, a exemplo das investigações no campo da Educação em Ciências, como já havia sido assinalado por Zohar e Barzilai (2013).

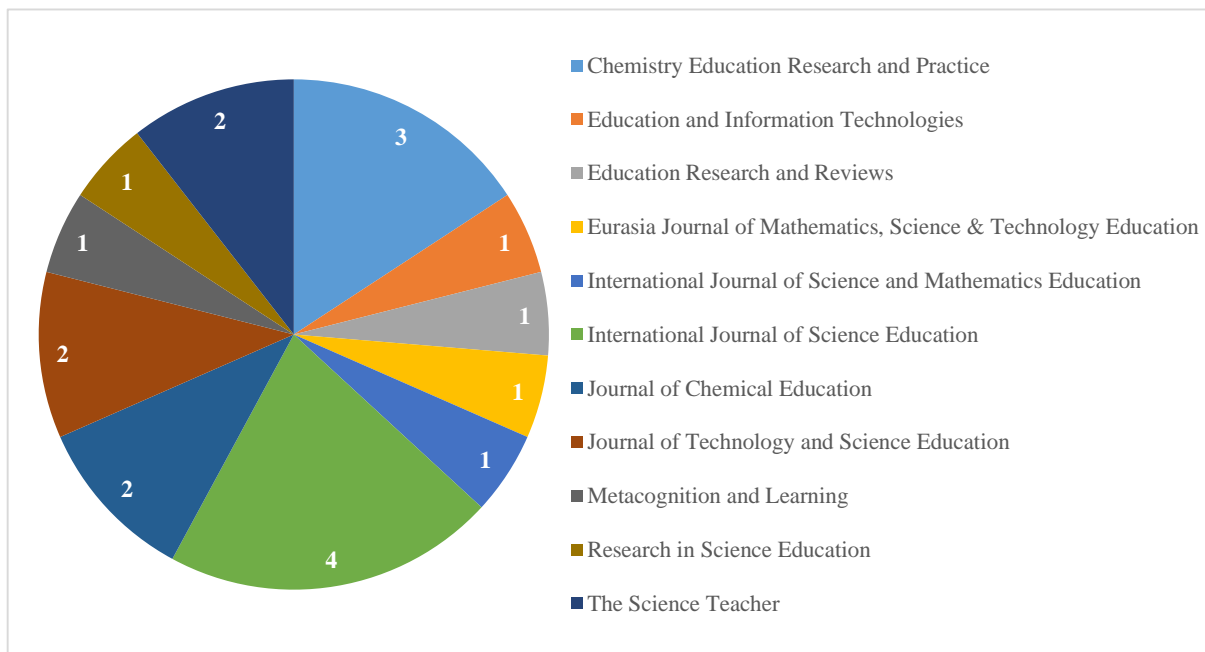
Uma das tendências apontadas pelas autoras é a rápida ampliação do número de pesquisas indexadas na base de dados ERIC que associam a metacognição ao ensino de Ciências. Esse crescimento se torna especialmente notável na comparação de dois períodos: 1990-2002 *versus* 2000-2012. Uma pesquisa realizada com os mesmos descritores produziu 57 resultados para o primeiro intervalo enquanto que no segundo período foi identificado 233 estudos, indicando um aumento de 308,77%.

Do total desses 233 resultados, 178 artigos atenderam aos critérios de inclusão definidos pelas autoras para a constituição do *corpus* da pesquisa. As expressões “laboratório” e “experimentos” estiveram presentes no resumo de 12,36% e 7,30% do *corpus*, respectivamente. Para as autoras, as atividades experimentais *hands-on* são recorrentes na associação entre a metacognição e o ensino de Ciências. A partir da leitura do artigo, não é possível evidenciar se houve estudos que mencionaram ambos os termos.

### 3.1.2 Revista periódica

A segunda característica a ser destacada vincula-se aos periódicos nas quais foram divulgadas as investigações realizadas (Gráfico 02).

Gráfico 02 – Distribuição de artigos por periódico



Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

No total, nove periódicos estrangeiros publicaram os dezenove artigos considerando que a relação entre a metacognição e as atividades experimentais no ensino de Ciências se enquadrava no escopo de suas revistas. Dentre eles, o que teve o maior número de investigações sobre essa temática foi o *International Journal of Science Education* (4:19). Esse resultado se diferencia de outros estudos na área, como o desenvolvido por Zohar e Barzilai (2013), cuja revista com maior quantidade de publicações foi a *Chemistry Education Research and Practice*, considerando que a busca foi realizada na mesma base de dados.

O enfoque do *International Journal of Science Education* está no ensino e na aprendizagem de Ciências dos diferentes níveis de ensino, abrangendo desde a primeira infância a universidade. De acordo com o especificado na página da revista, são bem-vindas contribuições de qualquer país, desde que os autores expliquem os contextos locais e demonstrem a importância de sua pesquisa para o público global. Ênfase especial é dada às pesquisas aplicáveis à prática educacional, sendo aceitos para publicação artigos sobre pesquisa empírica; diálogos informados e cuidadosamente fundamentados sobre pontos de vista díspares; trabalhos teóricos; comentários e críticas a publicações anteriores.

Em segundo lugar ficou o *Chemistry Education Research and Practice* (3:19). Esta revista é especializada no ensino de Química e publica pesquisas, revisões, práticas inovadoras e análises sobre temas que trazem implicações para o ensino dessa Ciência. O objetivo é fazer uma ponte entre pesquisadores e professores, divulgando investigações sobre métodos eficazes para a prática educacional.

A terceira posição é ocupada por três periódicos (*Journal of Chemical Education*; *Journal of Technology and Science Education*; e *The Science Teacher*) cada um com 2 publicações. Tais periódicos apresentam em seu escopo as intervenções em sala de aula. A identificação explícita com a experimentação é feita pela primeira revista periódica. O *Journal of Chemical Education* serve como um meio de comunicação para os interessados no ensino e aprendizagem de Química nos diferentes níveis de ensino. As publicações abrangem os conteúdos dessa área do conhecimento, experimentos de laboratório e métodos instrucionais.

O *Journal of Technology and Science Education* funciona como um fórum internacional para o ensino de Engenharia. Inclui pesquisas originais sobre metodologias e ferramentas de apoio à aprendizagem relacionada a disciplinas como Física, Química, Matemática, dentre outros. *The Science Teacher* reúne manuscritos para aprimorar o ensino e aprendizagem de Ciências no Ensino Médio. Os artigos devem fornecer estratégias, interações entre professores e alunos, sugestões de como gerenciar a adversidade e conclusões embasadas em outras pesquisas.

Na última colocação estão seis revistas - *Education and Information Technologies*; *Education Research and Reviews*; *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*; *International Journal of Science and Mathematics Education*; *Metacognition and Learning*; e *Research in Science Education* – cada uma com 1 artigo publicado.

Nota-se a exiguidade de publicações (1:19) que relacionam a metacognição às atividades experimentais no Ensino de Ciências no periódico *Metacognition and Learning*, conhecido por ser o mais especializado em pesquisas educacionais relacionadas à metacognição. Resultado igualmente identificado por Rosa e Meneses Villagrà (2018) ao apontarem a ausência de estudos focados em intervenções didáticas nesse periódico. Não foi encontrada uma explicação para a quantidade inexpressiva de artigos publicados sobre essa temática no periódico visto que seu escopo abrange a metacognição em situações de aprendizagem, o ensino de Ciências e as intervenções didáticas. De acordo com o especificado no site, a *Metacognition and Learning* é a única revista periódica especializada na pesquisa em metacognição e autorregulação, abrangendo as díspares definições, componentes e paradigmas de pesquisa.

### 3.1.3 Distribuição geográfica

A terceira característica geral referente às publicações é a distribuição geográfica dos artigos nos países em que foram conduzidos os estudos. A Figura 03 ilustra os países nos quais foram desenvolvidos os estudos que constituíram o *corpus* do presente estudo e o Quadro 04, a seguir, relaciona o país e continente das dezenove pesquisas.

Figura 03 – Mapa-múndi indicando os países em que foram desenvolvidos os estudos<sup>27</sup>



Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

Quadro 04 – Relação do país e continente em que foi desenvolvido cada um dos dezenove estudos

| Continente | País           | Artigos (por autores)   |
|------------|----------------|---|
| África     | África do Sul  | Davidowitz e Rollnick (2003) e Mathabathe e Potgieter (2017)  |
| América    | Estados Unidos | Clark, Clough e Berg (2000), Hand, Wallace e Yang (2004), Carillo, Lee e Rickey (2005), Kung e Linder (2007), Sandi-Urena, Cooper e Gatlin (2011), Sandi-Urena et al. (2011), Sandi-Urena, Cooper e Stevens (2012), van Optsal e Daubenmire (2015) e Teichert et al. (2017) |
| Ásia       | Índia          | Acuthan, Francis e Diwakar (2017)   |
|            | Israel         | Kipnis e Hofstein (2008)  |
|            | Malásia        | Ghani et al. (2017)   |
|            | Turquia        | Sarıbaş, Mugaloğlu e Bayram (2013) e Çalışkan (2014)  |
| Europa     | Alemanha       | Bruckermann et al. (2017)   |
|            | Espanha        | Llorens-Molina, de Jaime e Berzosa (2012) e Bagán, Sayós e García (2015)  |

Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

<sup>27</sup> Mapa elaborado a partir do site Mapchart disponível em: <https://mapchart.net/>.

A Figura e o Quadro anteriores evidenciam que os pesquisadores têm realizado investigações sobre a metacognição associada às atividades experimentais em oito países envolvendo quatro dos seis continentes existentes. A divisão dos artigos nos continentes e países não é uniforme, sendo que quase metade dos estudos identificados (47,37%) foram desenvolvidos no continente americano, especificamente nos Estados Unidos.

Esse dado aponta que os pesquisadores estadunidenses têm demonstrado maior interesse nessa área do que pesquisadores de outros países, pelo menos considerando o recorte do presente estudo. Conjecturamos que este fato pode ter duas explicações, sendo a primeira relativo à língua vernácula dos norte-americanos que favorece a publicação em revistas que são indexadas na base de dados ERIC. A segunda considera que essa temática tem despertado maior interesse em pesquisadores nesse país do que em outros. Sendo a língua inglesa uma das onze oficiais na África do Sul, esse país também poderia ocupar um lugar de destaque nas pesquisas indexadas na ERIC que relacionam a metacognição e as atividades experimentais ao ensino de Ciências.

A predominância de estudos norte-americanos também é destacada no estudo de Rosa e Meneses Villagrà (2018) ao realizarem um estado do conhecimento sobre as intervenções didáticas em Física guiadas pela metacognição. Os autores afirmam que “o tema não está associado a centros de investigação específicos, ainda que existam focos de estudos na temática, especialmente nos Estados Unidos” (ROSA; MENESES VILLAGRÁ, 2018, p. 592).

A Ásia, o maior continente tanto em área quanto em população, também é o líder no *ranking* de quantidade de países envolvidos em pesquisa nessa área, totalizando quatro países em comparação a três europeus, um africano e um americano. A contribuição dos pesquisadores asiáticos para o desenvolvimento da temática não pode ser menosprezada uma vez que constitui entre um quarto e um sexto do total de estudos identificados. Em função da natureza transcontinental da Turquia, para montar o *ranking* de países por continente foi considerado mais adequado contabilizá-la tanto para o continente asiático quanto para o europeu.

Destacamos que não houve nenhum critério de exclusão de pesquisas conduzidas no Brasil. Teorizamos que os pesquisadores brasileiros que estudam essa temática não possuem o hábito de publicar suas investigações em língua inglesa, que é um dos critérios para indexação na base de dados ERIC.

É importante ressaltar que os países vinculados aos artigos escritos por Clark, Clough e Berg (2000), Hand, Wallace e Yang (2004), Carillo, Lee e Rickey (2005), Çalişkan (2014), van Optsal e Daubenmire (2015) e Teichert et al. (2017) foram inferidos a partir das nações em que

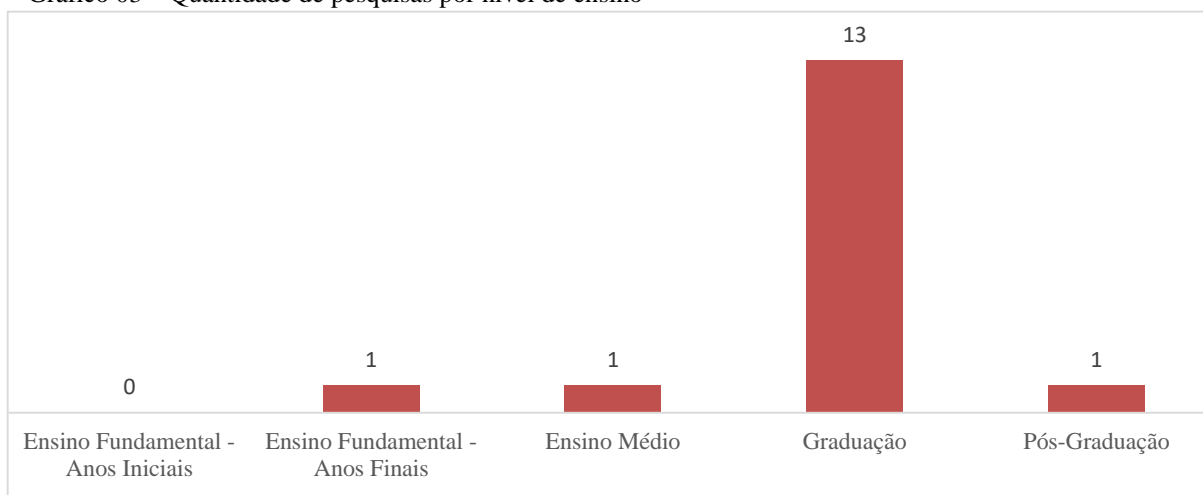


trabalham os seus autores, visto que não foram mencionados nos textos os países em que a pesquisa se desenvolveu.

### 3.1.4 Nível de ensino

A classificação do nível de ensino é a quarta característica enquadrada nessa primeira categoria do estudo e compreendeu a seguinte estrutura: Ensino Fundamental – Anos Iniciais (primeiro ao quinto ano), Ensino Fundamental – Anos Finais (sexto ao oitavo ano), Ensino Médio (nono ao décimo segundo ano), Graduação e Pós-Graduação. A classificação dessa característica foi feita com dezesseis dos dezenove artigos publicados, pois os artigos de Clark, Clough e Berg (2000), Carillo, Lee e Rickey (2005) e Ghani et al. (2017) não mencionaram o nível de ensino em que os participantes estavam matriculados. O Gráfico 03 e o Quadro 05 relacionam a quantidade de artigos ao nível de ensino da população das investigações.

Gráfico 03 – Quantidade de pesquisas por nível de ensino



Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

Quadro 05 – Divisão dos artigos em função dos níveis de ensino dos participantes das pesquisas

| Nível escolar                      | Artigos (por autores)   |
|------------------------------------|---|
| Ensino Fundamental – Anos Iniciais | -   |
| Ensino Fundamental – Anos Finais   | Hand, Wallace e Yang (2004)   |
| Ensino Médio                       | Kipnis e Hofstein (2008)  |
| Graduação                          | Davidowitz e Rollnick (2003), Kung e Linder (2007), Sandi-Urena et al. (2011), Sandi-Urena, Cooper e Stevens (2012), Llorens-Molina, de Jaime e Berzosa (2012), Saribaş, Mugaloğlu e Bayram (2013), Çalişkan (2014), Bagán, Sayós e García (2015), van Optsal e Daubenmire (2015), Bruckermann et al. (2017), Mathabathe e Potgieter (2017), Teichert et al. (2017) e Acuthan, Francis e Diwakar (2017) |
| Pós-Graduação                      | Sandi-Urena, Cooper e Gatlin (2011)   |

Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

A escassez de estudos com os jovens estudantes, principalmente os que frequentam o Ensino Fundamental - Anos Iniciais, contrasta com o grande número de pesquisas conduzidas com alunos do Ensino Superior, especificamente da Graduação, que corresponde 68,42% do todo. Tal situação já havia sido constatada em nível mais moderado por Zohar e Barzilai (2013) com cerca de 30%, e de forma mais acentuada por Rosa e Meneses Villagr  (2018) com 50% do total. Porém, o interesse por esse nível escolar nem sempre foi tão expressivo.

Davidowitz e Rollnick (2003, p. 45) justificam o desenvolvimento de sua pesquisa com alunos da Gradua o afirmando que essa área estava recebendo pouca aten o na literatura. Essa declara o pode explicar o porquê esse nível de ensino passou a receber um crescente número de investiga es a partir dos anos 2000.

Entretanto, no Ensino Fundamental – Anos Iniciais são realizadas poucas atividades experimentais nos moldes como investigado neste estudo. Apesar de os professores acreditarem em seu caráter transformador, as atividades experimentais são pouco frequentes nas escolas de Educa o Básica (GALIAZZI et al., 2001). A escassez dessas atividades no ensino de Ciências nas escolas têm   apontada por Arruda e Labur  (1996), Borges (2002), Salvadego, Labur  e Barros (2009) e Rosa (2011).

Além disso, há poucos estudos associando a metacogni o ao ensino de Ciências nesse nível de ensino. Zohar e Barzilai (2013) afirmam que

o número de estudos foi proporcional   idade dos estudantes, havia um número muito pequeno de estudos conduzidos com crianças em idade pré-escolar que ia aumentando gradualmente com a idade. Consequentemente, a quantidade de estudos sobre metacogni o e ensino de ciências entre jovens aprendizes na pré-escola e no Ensino Fundamental como um todo   insuficiente<sup>28</sup> (p. 26).

Vale ressaltar que os artigos de Clark, Clough e Berg (2000), Carillo, Lee e Rickey (2005) e Ghani et al. (2017) não mencionam o nível de ensino em que os participantes estavam matriculados, porém todos assinalam que os estudantes estavam vinculados   Educa o Básica. O artigo escrito por Carillo, Lee e Rickey (2005) relata que a pesquisa foi realizada em uma escola secundária, que   responsável pela educa o fornecida nos graus que correspondem ao Ensino Fundamental – Anos Finais e ao Ensino Médio. As temáticas escolhidas para a realiza o das atividades experimentais no artigo desenvolvido por Clark, Clough e Berg

---

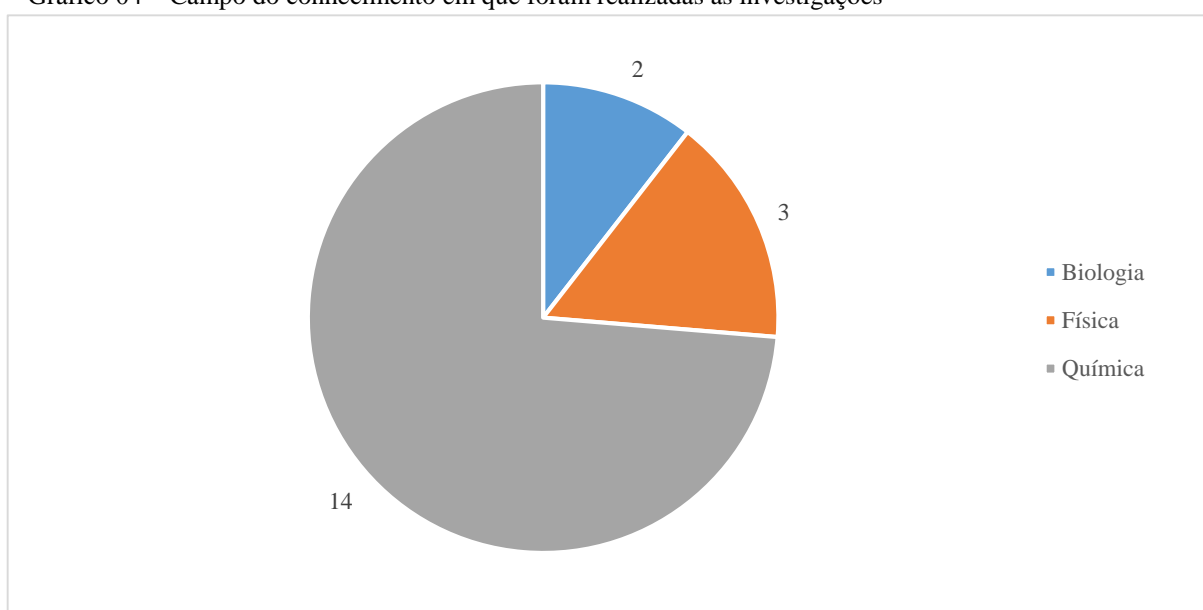
<sup>28</sup> *The number of studies conducted was found to be proportional to students' age; there were very few studies with preschool children and the number of studies gradually increased with age. Consequently, there are insufficient studies of metacognition among young learners in preschool and the early years of elementary school.*

(2000), Lei de Conservação da Massa, e por Ghani et al. (2017), Eletrólise, sugerem que essas investigações foram realizadas no Ensino Fundamental – Anos Finais ou no Ensino Médio.

### 3.1.5 Campo do conhecimento

A quinta característica diz respeito ao campo do conhecimento em que foi conduzida a atividade experimental associada a metacognição. O Gráfico 04 apresenta a distribuição das dezenove pesquisas nas três componentes curriculares que constituem o ensino de Ciências: Biologia, Física e Química.

Gráfico 04 – Campo do conhecimento em que foram realizadas as investigações



Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

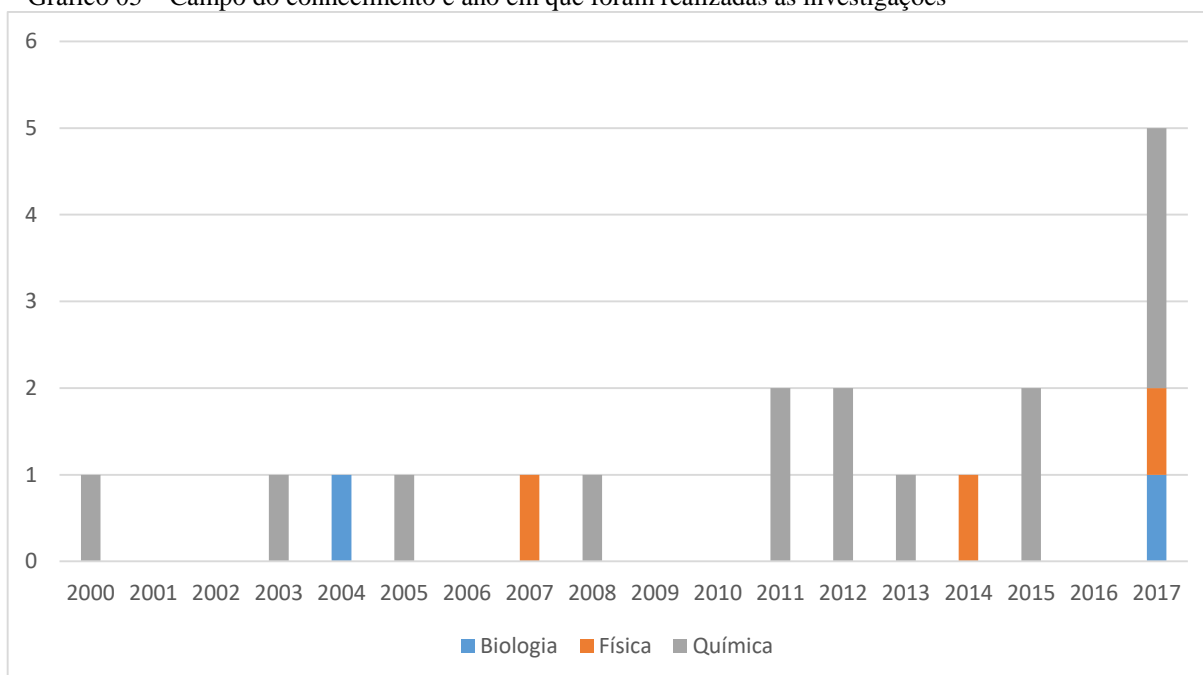
Nota-se que a Química teve o maior de número pesquisas, envolvendo 14 produções. Ao mesmo tempo em que esse dado mostra o interesse da comunidade científica por essa disciplina, torna-se evidente a carência de estudos conduzidos em Biologia com duas pesquisas e em Física com três. Mapeando a metacognição na educação científica na literatura estrangeira, Zohar e Barzilai (2013) encontraram resultados que diferem do apresentado no Gráfico 4. No estudo as autoras mostraram que a Biologia foi o campo do conhecimento mais estudado, seguido da Física e da Química.

Se excluído o recorte “atividades experimentais”, o campo do conhecimento com o maior número de investigações dentro do campo da Educação em Ciências na base ERIC para o mesmo período de tempo do presente estudo foi a Biologia com 166 resultados. Na sequência, temos a Química e a Física, com 133 e 120 estudos, respectivamente. Isso revela que em

Biologia há uma carência de discussões envolvendo propostas e estudos no campo da experimentação.

A distribuição dos artigos por campo do conhecimento e por ano está representada no Gráfico 05.

Gráfico 05 – Campo do conhecimento e ano em que foram realizadas as investigações



Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

É possível notar no gráfico que foram conduzidas pesquisas em Biologia, Física e Química tanto nos primeiros nove anos (2000-2008) quanto nos últimos nove anos do período escolhido (2009-2017). Se compararmos esses dois recortes, observa-se que o número de estudos relacionados à Biologia se manteve constante, o de Física dobrou e o de Química aumentou 2,5 vezes. Além disso, o único ano em que foram publicadas investigações em mais de um campo do conhecimento foi 2017.

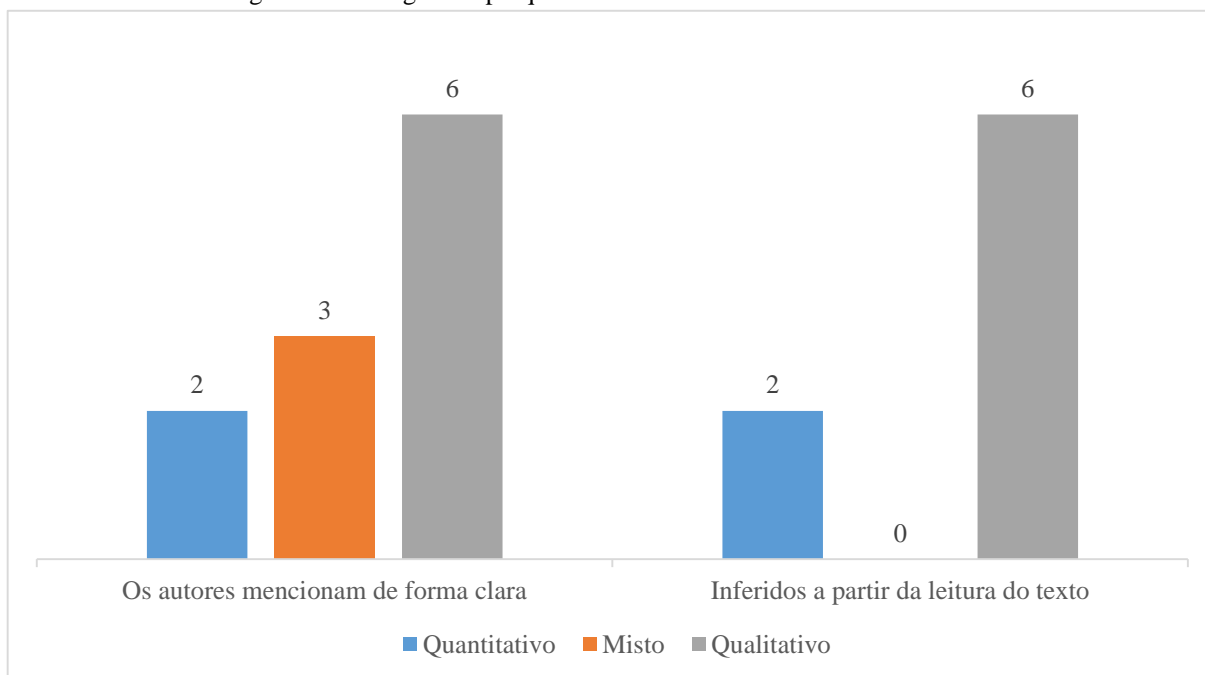
Uma questão que pode ser observada é que todos os artigos conduzidos na África do Sul e na Espanha foram realizados na componente curricular Química e com alunos da Graduação. Isso pode indicar que esses pesquisadores demonstram um interesse maior por essa disciplina e nível escolar. O estudo que foi realizado no Ensino Fundamental – Anos Finais ocorreu nos Estados Unidos; no Ensino Médio foi em Israel; e na Pós-Graduação foi nos Estados Unidos. As investigações feitas na Graduação abrangeram os seguintes países: África do Sul, Alemanha, Espanha, Estados Unidos, Índia e Turquia.

A disciplina de Química foi a que teve o contexto de aplicação mais vasto, abrangendo os quatro níveis escolares no quais foram realizadas as pesquisas. Em segundo lugar se encontra a Biologia, que foi associada tanto ao Ensino Fundamental quanto à Graduação. Por último, a Física, que somente foi estudada junto aos estudantes universitários.

### 3.1.6 Abordagem metodológica da pesquisa

Para desenvolver suas pesquisas, os autores precisaram escolher a abordagem metodológica que se mostrava mais adequada em relação aos atributos do conhecimento que desejavam investigar. O Gráfico 06 sistematiza a sexta característica que é as abordagens metodológicas de pesquisa anunciadas pelos autores.

Gráfico 06 – Abordagem metodológica de pesquisa utilizada nos estudos.



Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

O gráfico anterior evidencia a predominância de investigações de cunho qualitativo, tanto entre as pesquisas que mencionaram essa informação de forma explícita como as de Kipnis e Hofstein (2008), Sandi-Urena et al. (2011), Çalişkan (2014), van Optsal e Daubenmire (2015), Bruckermann et al. (2017) e Mathabathe e Potgieter (2017), quanto naquelas em que foi necessário inferir a partir da leitura do texto como as de Clark, Clough e Berg (2000), Davidowitz e Rollnick (2003), Carillo, Lee e Rickey (2005), Kung e Linder (2007), Sandi-Urena, Cooper e Gatlin (2011) e Bagán, Sayós e García (2015). Esse dado evidencia que na maioria das pesquisas realizadas os autores consideram que a realidade sob escrutínio era

complexa demais para ser traduzida em números. Há também um número reduzido de pesquisas de cunho misto como as desenvolvidas por Hand, Wallace e Yang (2004), Ghani et al. (2017) e Teichert et al. (2017) e as de cunho quantitativo como as realizadas por Sandi-Urena, Cooper e Stevens (2012), Llorens-Molina, de Jaime e Berzosa (2012), Saribaş, Mugaloğlu e Bayram (2013) e Acuthan, Francis e Diwakar (2017). Além disso, percebemos que em praticamente 60% dos estudos analisados os autores tendem a citar com clareza a metodologia utilizada, ficando a demais por ser subentendida pelo leitor.

Portanto, na primeira categoria foi possível observar o crescimento do número de pesquisas, que o tema tem sido investigado em diferentes países e continentes, mas com maior frequência nos Estados Unidos e que as publicações estão concentradas principalmente em cinco revistas periódicas. A Química foi a componente curricular com maior predominância nas pesquisas que associam as atividades experimentais a metacognição no ensino de Ciências. Além disso, a perspectiva mais utilizada foi a qualitativa e o nível de ensino com maior destaque foi o Ensino Superior. Na sequência passamos a relatar as características referentes a metacognição e as atividades experimentais.

### **3.2 A metacognição e as atividades experimentais presentes nos artigos**

Nessa categoria estão agrupados aspectos relacionados à metacognição e às atividades experimentais existentes nos artigos investigados, a saber:

- i. Lugar da metacognição nas atividades experimentais;
- ii. Ambiente de aprendizagem relacionado à metacognição;
- iii. Organização didático-metodológica das atividades experimentais;
- iv. Entendimento de metacognição presente nos estudos.

#### **3.2.1 Lugar da metacognição nas atividades experimentais**

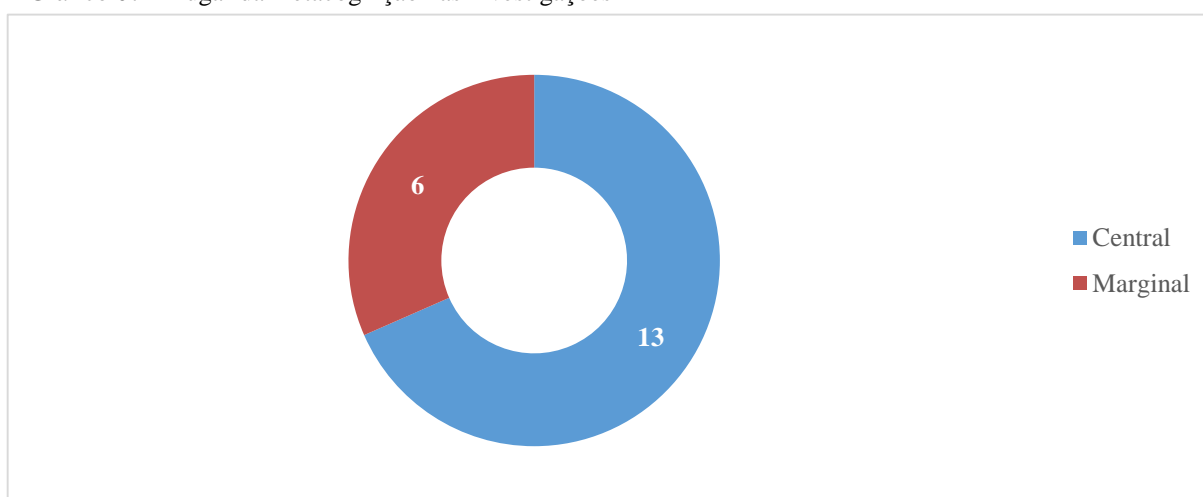
O primeiro aspecto diz respeito ao lugar da metacognição nas atividades experimentais. A leitura do texto completo dos artigos evidenciou que, em alguns casos, os processos metacognitivos eram mencionados como um dos aspectos do ambiente de aprendizagem cujo enfoque principal estava relacionado a outros conceitos científicos (tais como aprendizagem colaborativa, por exemplo). Para captar essa diferença entre os estudos com foco na metacognição, as pesquisas foram divididas em dois grupos: central e marginal.

O lugar foi considerado central quando havia uma menção explícita à metacognição nos objetivos da pesquisa. Quando a metacognição não constava na proposta da pesquisa ou nos objetivos, mas estava inserida na introdução, nos resultados ou nas conclusões, o lugar foi

codificado como marginal. O Gráfico 07 e o Quadro 06 ilustram a divisão dos dezenove artigos em relação ao lugar que a metacognição ocupou nos estudos (central ou marginal).

Por central classificamos os estudos em que a metacognição esteve presente na proposta dos estudos, sendo avaliada em ambiente natural ou utilizada em práticas modificadas. Por marginal entendemos aqueles em que o termo metacognição - além de ser mencionado no título, resumo ou palavras-chave - foi encontrado: na introdução, como um dos possíveis benefícios daquela atividade; ou nas conclusões, afirmando que aquela organização didático-metodológica fez com que os alunos refletissem sobre sua aprendizagem, sem prover maiores explicações para essa afirmação.

Gráfico 07 – Lugar da metacognição nas investigações



Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

Quadro 06 – Distribuição dos artigos de acordo com o lugar da metacognição nos artigos

| Lugar    | Artigos (por autores)   |
|----------|---|
| Central  | Davidowitz e Rollnick (2003), Hand, Wallace e Yang (2004), Kung e Linder (2007), Kipnis e Hofstein (2008), Sandi-Urena, Cooper e Gatlin (2011), Sandi-Urena et al. (2011), Sandi-Urena, Cooper e Stevens (2012), Saribaş, Mugaloğlu e Bayram (2013), van Optsal e Daubenmire (2015), Bruckermann et al. (2017), Mathabathe e Potgieter (2017), Teichert et al. (2017) e Acuthan, Francis e Diwakar (2017) |
| Marginal | Clark, Clough e Berg (2000), Carillo, Lee e Rickey (2005), Llorens-Molina, de Jaime e Berzosa (2012), Çalişkan (2014), Bagán, Sayós e García (2015) e Ghani et al. (2017)   |

Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

O apresentado no gráfico e no quadro evidenciou a predominância de investigações em que a metacognição foi central (13:19) em comparação com as pesquisas que fizeram menções vagas aos processos metacognitivos (6:19). Interpretamos esse fenômeno como uma indicação positiva do grau de integração da metacognição na investigação do ensino de Ciências. Percebemos que em vez de focar exclusivamente na metacognição, estes estudos contemplaram

a metacognição como parte da atividade experimental, podendo ser ela o objetivo principal ou parte dele nas pesquisas.

Por exemplo, Kipnis e Hofstein (2008) buscaram analisar a influência das atividades experimentais no aprimoramento das habilidades metacognitivas, sendo a metacognição considerada como central no estudo. O trabalho de Carillo, Lee e Rickey (2005) é um exemplo do lugar marginal ocupado pela metacognição, uma vez que o termo é citado na introdução, ao mencionar o benefício daquela atividade segundo um estudo anterior de um dos autores. O estudo ao final menciona que as atividades MORE<sup>29</sup> colaboram para que os alunos aprendam a aprender, entendido como metacognição.

### **3.2.2 Ambiente de aprendizagem relacionado à metacognição**

O segundo aspecto está relacionado às 13 pesquisas que foram identificadas anteriormente como aquelas em que a metacognição ocupa lugar de centralidade no estudo, abordando o ambiente no qual as atividades experimentais foram desenvolvidas. Para tanto, e a partir da leitura dos artigos, identificamos três possibilidades de agrupamento para o ambiente de aprendizagem: ambiente natural; ambiente orientado para metacognição; e ambiente orientado pela metacognição.

Como *ambiente natural* foram enquadrados aqueles estudos em que a prática do professor não é alterada. Como *ambiente guiado para metacognição* designamos aqueles em que a prática sofre modificação para contemplar a ativação do pensamento metacognitivo. Como *ambiente orientado pela metacognição* atribuímos aqueles em que a metacognição é inserida na atividade experimental para fomentar resultados como ganhos conceituais, habilidades do método científico, transferência de aprendizagem, dentre outros. Os estudos enquadrados nesses quesitos estão explicitados no Quadro 07.

---

<sup>29</sup> As atividades experimentais MORE, *Model-Observe-Reflect-Explain*, foram elaboradas a partir das estratégias POE, predizer-observar-explicitar, com ênfase em aspectos do campo do conhecimento da Química. Mais informações sobre a diferença entre os dois modelos é apresentado no capítulo 3.2.3 dedicado a Organização didático-metodológica das atividades experimentais, especificamente na página 86.



Quadro 07 – Artigos conforme o ambiente de aprendizagem

| Ambiente de aprendizagem             | Artigos (por autores)  |
|--------------------------------------|--|
| Ambiente natural                     | Kung e Linder (2007), Kipnis e Hofstein (2008), Sandi-Urena, Cooper e Gatlin (2011), Sandi-Urena et al. (2011) e Sandi-Urena, Cooper e Stevens (2012)        |
| Ambiente orientado para metacognição | Davidowitz e Rollnick (2003), Hand, Wallace e Yang (2004), van Optsal e Daubenmire (2015), Mathabathe e Potgieter (2017) e Acuthan, Francis e Diwakar (2017) |
| Ambiente orientado pela metacognição | Saribaş, Mugaloğlu e Bayram (2013), Bruckermann et al. (2017) e Teichert et al. (2017)   |

Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

Os resultados indicam que os pesquisadores que conduzem investigações sobre metacognição e atividades experimentais estão interessados em intervenções em ambiente natural, assim como nas práticas modificadas. Em relação às duas formas de modificar a prática para incluir elementos metacognitivos, notamos a predominância de estudos em que foi orientado para a ativação ou aprimoramento da metacognição com cinco estudos, em relação às atividades que foram guiadas pela metacognição com três estudos. A seguir passamos a relatar os estudos associados às três possibilidades.

Iniciamos relatando o estudo de Kung e Linder (2007) em que a metacognição esteve presente de forma natural. O estudo esteve orientado a avaliar o esquema de codificação, a quantificar a metacognição e a examinar o comportamento dos estudantes. Um dos desafios encontrados pelos autores na condução desse tipo de pesquisa é a dificuldade de classificar com confiabilidade quando uma atividade é cognitiva ou metacognitiva. Em 1979, Flavell mencionou este problema ao dizer que

estratégias cognitivas são evocadas para *fazer* progressos cognitivos e estratégias metacognitivas para *monitorá-los*. No entanto, é possível que em alguns casos a mesma estratégia seja evocada para ambos os propósitos, ou ainda, independente do motivo pelo qual foi evocada, atingir ambos os objetivos<sup>30</sup> (p. 909, grifo do autor).

Como exemplo de atividade experimental orientada para a metacognição, temos o artigo de van Optsal e Daubenmire (2015) que utilizou a Escrita Científica Heurística para desenvolver as habilidades metacognitivas associadas à resolução de problemas abertos em laboratório. A investigação de Davidowitz e Rollnick (2003) também é guiada para a

<sup>30</sup> *Cognitive strategies are invoked to **make** cognitive progress, metacognitive strategies to **monitor** it. However, it is possible in some cases for the same strategy to be invoked for either purpose and also, regardless of why it was invoked, for it to achieve both goals.*

metacognição porque busca aprimorá-la com a utilização do tripé de competências e do diagrama de fluxo.

Por fim, citamos dois estudos vinculados ao desenvolvimento de outras habilidades, como o desenvolvido por Saribaş, Mugaloğlu e Bayram (2013), que foi utilizado *prompts* metacognitivos para desenvolver ganhos conceituais, habilidades do método científico e visão da natureza da ciência. E ainda, a investigação de Bruckermann et al. (2017) que analisa a influência do andaime metacognitivo na competência de experimentação.

### **3.2.3 Organização didático-metodológica das atividades experimentais**

Como terceiro aspecto apontamos a organização didático-metodológica das 13 pesquisas em que a metacognição ocupou um papel de centralidade. Buscamos destacar nos estudos o modelo de atividade experimental com o respectivo grau de abertura no caso das investigativas, elucidar se a atividade foi desenvolvida de forma individual ou em grupo e se o laboratório era real ou virtual.

Dos 13 estudos analisados identificamos que 11 deles estavam associados a uma abordagem investigativa. Essas atividades investigativas, como mencionado no segundo capítulo, buscam estimular a participação ativa do estudante e oportunizar a construção do conhecimento por meio da realização de investigações guiadas por questionamentos/perguntas. Esse tipo de abordagem inclui diferentes graus de liberdade em relação à ação do estudante, podendo ir das atividades mais fechadas com menor grau de liberdade (professor é responsável por definir o problema e os procedimentos), até a mais aberta em que há total liberdade para desenvolver a atividade (professor designa apenas o objeto de estudo). Sobre esse grau de liberdade, que pode variar nas atividades experimentais investigativas, temos o estudo de Borges (2002) que apoiado em Tamir (2001) apresenta os graus de liberdade em níveis, assinalando do Nível zero (problemas, procedimento e conclusão são de responsabilidade do professor) até o Nível 3 (problemas, procedimentos e conclusão são abertos e ficam sob gerência dos estudantes). No Nível 1, o problema e os dados são de responsabilidade do professor e no Nível 2 somente a formulação do problema a ser investigado fica sob responsabilidade do professor.

A seguir passamos a descrever a organização didático-metodológica das 13 pesquisas identificadas como aquelas que têm por finalidade favorecer a ativação do pensamento metacognitivo. Iniciamos pelos 11 estudos que envolvem a abordagem investigativa e na sequência relatamos os demais.

Na *segunda investigação* (DAVIDOWITZ; ROLLNICK, 2003), o tipo de atividade experimental utilizada não foi mencionado de forma explícita; no entanto, podemos inferir que se tratava de uma atividade experimental investigativa. Essa afirmação está apoiada na participação ativa do estudante, com suporte do professor, e na ênfase na análise dos resultados. Os conteúdos de Química escolhidos para a realização das atividades experimentais foram o ciclo de cobre e o manganês no aço.

A abertura da atividade investigativa corresponde ao Nível 1 proposto por Tamir (2001, apud BORGES, 2002, p. 23), uma vez que o problema foi definido pelo professor e os procedimentos pelo manual de laboratório. Ao aluno coube a geração, interpretação e comparação dos resultados com as especificações do fabricante. Tais questões são evidenciadas na descrição do diagrama de fluxo e no conhecimento procedimental que compõe o tripé de competências. O diagrama de fluxo foi criado pelos alunos a partir do manual do laboratório como forma de planificar a atividade experimental a ser desenvolvida. O conhecimento procedimental envolveu a compreensão dos procedimentos experimentais, a capacidade de avaliar a plausibilidade dos dados produzidos e a habilidade de uma análise crítica das fontes de erro no experimento.

A interlocução professor-aluno é evidenciada na resposta proferida pelo estudante David durante a entrevista. Segundo ele, o professor não dava a resposta pronta, ele dava uma pista e fazia o aluno refletir sobre a sua dúvida (DAVIDOWITZ; ROLLNICK, 2003, p. 62). Apesar de não haver menções explícitas, a análise das entrevistas e as anotações do participante observador permitem afirmar que as atividades experimentais foram realizadas em duplas, em função da referência ao parceiro de laboratório.

No *terceiro artigo* (HAND; WALLACE; YANG, 2004) é usado o modelo tradicional de atividades experimentais para o grupo controle (CG) e o investigativo para os grupos que utilizaram a Escrita Científica Heurística (SG e STG). A Escrita Científica Heurística impele a adoção de uma abordagem centrada no estudante. A definição do procedimento e o resultado estavam sob responsabilidade dos alunos, restando ao professor estabelecer o problema ou pergunta central. Tal situação equivale ao Nível 2 de abertura proposto por Tamir (2001, apud BORGES, 2002, p. 23). Foi adotada uma pedagogia negociada na atividade investigativa, de modo que o professor auxiliasse o estudante na construção do conhecimento. Na atividade tradicional, foi mantida a prática pedagógica utilizada pelo professor, na qual praticamente não havia nenhum controle dos alunos sobre as aulas. Ambas as atividades foram realizadas em grupo e a temática de estudo foi a unidade celular e, portanto, a atividade experimental estava associada à Biologia.

Na *quinta pesquisa* (KUNG; LINDER, 2007) foram utilizados três modelos de atividades experimentais: tradicional (dois grupos), tradicional acrescido de questões do tipo “explique seu raciocínio” nas instruções (dois grupos), e o investigativo (quatro grupos), em que os estudantes recebem a pergunta a ser investigada e, posteriormente, defendem seu método e resultados para os outros grupos. O processo atribuído aos estudantes de determinar o procedimento adequado e produzir as conclusões, a partir de um problema pré-definido, permite dizer que o nível de abertura da atividade investigativa equivale ao segundo proposto por Tamir (2001, apud BORGES, 2002, p. 23). Não são mencionados os conteúdos de Física abordados nas atividades experimentais e igualmente não é informada a relação entre professor e aluno e entre os colegas.

No *sexto estudo* (KIPNIS; HOFSTEIN, 2008) é conduzida uma atividade experimental investigativa cujo nível de abertura equivale ao terceiro proposto por Tamir (2001, apud BORGES, 2002, p. 23). Esse nível de abertura corresponde àquele em que o problema, o procedimento e a conclusão são de atribuições dos estudantes. Tal situação é evidenciada no resumo do artigo, quando menciona que o processo de investigação “inclui todas as habilidades de investigação, a saber: identificar problemas, formular hipóteses, projetar um experimento, reunir e analisar dados, e tirar conclusões sobre problemas e fenômenos científicos”<sup>31</sup> (KIPNIS; HOFSTEIN, 2008, p. 601).

Na atividade investigativa como a desenvolvida nesse sexto estudo, os alunos têm a oportunidade e o tempo necessário para discutir o fenômeno científico com os membros do grupo. A colaboração entre os pares permitiu que os estudantes envolvidos no estudo de caso refinassem o conhecimento de modo a tirar conclusões que outros colegas não conseguiram. A professora e o assistente de ensino orientaram e apoiaram a condução da investigação, por meio de discussões e fornecendo explicações quando solicitados. Os experimentos envolviam conceitos referentes ao campo de conhecimento da Química: ácidos-bases, estequiometria, redução da oxidação, ligação química, energia, equilíbrio químico e taxa de reação.

A *sétima, a oitava e a nona investigação* desenvolvidas respectivamente por Sandi-Urena, Cooper e Gatlin (2011), Sandi-Urena et al. (2011) e Sandi-Urena, Cooper e Stevens (2012), são analisadas juntas pois uma complementa a outra. O oitavo trabalho é um estudo qualitativo desenvolvido para avançar na compreensão (como e por que ocorreu) dos resultados quantitativos obtidos na nona pesquisa (o que ocorreu). Enquanto que os participantes desses

---

<sup>31</sup> [The students that study chemistry according to this program are involved in an inquiry process] that included all the inquiry skills namely: identifying problems, formulating hypotheses, designing an experiment, gathering and analyzing data, and drawing conclusions about scientific problems and phenomena.

estudos eram os universitários, a sétima investigação buscou avaliar o impacto desse ambiente de aprendizagem nos assistentes de ensino.

Grupos de quatro estudantes recebem um problema a ser investigado e foram responsáveis pela definição dos procedimentos, condução do experimento e avaliação dos resultados. Ao final da atividade, os estudantes apresentaram suas decisões e conclusões para a turma e responderam às dúvidas dos colegas e do assistente de ensino. A participação ativa do estudante e o suporte dado pelo assistente de ensino permitem dizer que se tratava de uma atividade investigativa. A abertura da atividade experimental equivale ao Nível 2 proposto por Tamir (2001, apud BORGES, 2002, p. 23).

Na oitava investigação, a função do assistente de ensino e a interação entre os colegas são evidenciadas corretamente por dois estudantes, respectivamente, Pedro e Tim. Pedro identifica que o assistente de ensino não é uma fonte de informações, mas alguém que guia os alunos a encontrarem as respostas. Tim percebe que os colegas que possuem um entendimento maior sobre os conteúdos de Química Inorgânica conseguem compreender melhor qual a dúvida dele e o auxiliam a construir o conhecimento. Nos manuais do estudante e do professor podem ser localizados mais detalhes sobre as características e a dinâmica do laboratório, ambos de autoria de Melanie Cooper.

No *décimo primeiro artigo* (SARIBAŞ; MUGALOĞLU; BAYRAM, 2013) foi discutida a influência da instrução metacognitiva no grupo experimental em comparação com o grupo controle. Onze experimentos - sobre taxa de reação, equilíbrio químico, solubilidade, precipitação, ácidos e bases - foram conduzidos pelos licenciandos organizados em grupos de três ou quatro participantes. O grupo controle desenvolveu uma atividade experimental tradicional, seguindo o proposto no manual de laboratório e ao final apresentou respostas para as perguntas presentes neste manual e entregou um relatório.

O grupo experimental discutiu, antes e depois da atividade experimental, os procedimentos do experimento, promovendo consciência metacognitiva. Os estudantes vinculados a esse grupo preencheram formulários reflexivos no início e final das aulas e de cada experimento. Além de preparar o relatório final, o grupo experimental analisou e explicou implicações dos experimentos no cotidiano. Apesar de mencionar que as atividades investigativas deveriam engajar os alunos na identificação do problema, não fica claro se no estudo conduzido os estudantes ficaram responsáveis por essa etapa. Assim, a partir das menções explícitas, inferimos que o nível de abertura utilizado se identifica com o segundo relato em Tamir (2001, apud BORGES, 2002, p. 23). Não são mencionadas as interlocuções entre professor-aluno e aluno-aluno.

No *décimo quarto trabalho* (VAN OPTSAL; DAUBENMIRE, 2015) são usados dois modelos de atividades experimentais: investigativo e tradicional. A primeira foi realizada em grupos com três ou quatro alunos que discutiam questões para as investigações, procedimentos e os resultados. A abertura dessa atividade é compatível com o Nível 2 proposto por Tamir (2001, apud BORGES, 2002, p. 23). Nesse modelo de atividade, o professor guia as discussões com perguntas, encorajando a discussão entre pares. As atividades experimentais tradicionais foram realizadas em duplas (devido à referência ao parceiro de laboratório) e seguiam um roteiro altamente estruturado chamado de manual de experimentos laboratoriais. O objetivo estava em verificar um conceito ou testar um resultado aprendido em sala de aula.

Os problemas presentes no modelo de laboratório abertos requeriam dos alunos a determinação da pergunta, planejamento, condução e avaliação do experimento. Na semana que antecedia a aula envolvendo o problema de laboratório aberto, os estudantes realizavam um experimento (SWH ou tradicional) para fornecer a base tanto em termos de conhecimento quanto de técnicas necessárias para a resolução do problema. Durante essa atividade, o assistente de ensino esteve disponível para responder às perguntas e para guiar o planejamento e a condução dos experimentos. Não foram mencionados os conteúdos de Química utilizados nas atividades experimentais ou no problema aberto.

Na *décima quinta investigação*, Bruckermann et al. (2017) conduziram atividades experimentais investigativas com suporte cognitivo às quais são adicionados o apoio metacognitivo e/ou o multimídia. Os conceitos de osmose foram abordados em sala de aula. Grupos de três ou quatro alunos conduziam a atividade investigativa, que era orientada por assistentes de ensino. A questão a ser investigada era determinada pelo suporte cognitivo de modo a permitir a comparação entre os grupos. Os estudantes deveriam escolher o procedimento que considerassem mais adequado para resolver a tarefa. Com base nessas informações, podemos afirmar que a atividade investigativa condiz com o Nível 2 de abertura, segundo Tamir (2001, apud BORGES, 2002, p. 23). No final do experimento, o relatório feito pelos alunos para documentar o processo investigativo foi apresentado para reflexão com todos os colegas.

O contexto do *décimo sexto estudo* (MATHABATHE; POTGIETER, 2017) é a simulação de um projeto industrial que combinou elementos de investigação e colaboração entre pares para avaliar experimentalmente, qual das três formas de obter um composto orgânico possui melhor custo-benefício, é mais ecológico e tecnicamente menos desafiador. A fim de realizar a simulação, os universitários se reuniram em grupos de três pessoas, denominado grupo base, onde cada um era responsável por avaliar uma das formas de obter o

composto. Para gerar os procedimentos detalhados e conduzir o experimento, os estudantes dos grupos base se reuniram em grupos de especialistas que foram alocados na mesma rota sintética.

Em relação à atividade investigativa, percebemos que o problema era previamente estruturado, mas os procedimentos e as conclusões ficaram a critério do grupo de alunos que assumiram o papel de especialistas. Essa situação está de acordo com o Nível 2 de abertura segundo Tamir (2001, apud BORGES, 2002, p. 23). Após concluir o experimento, os estudantes retornaram aos seus grupos base para auxiliar na recomendação de uma rota sintética baseada em decisões informadas. Ao professor e assistente de ensino coube esclarecer os requisitos da tarefa, responder às dúvidas estimulando a reflexão e garantir que foi projetado um procedimento seguro.

No *décimo oitavo estudo* (TEICHERT et al., 2017), é utilizado o modelo de atividades experimentais que os autores nomeiam de MORE, que é a sigla utilizada para designar *Model-Observe-Reflect-Explain*. Em um artigo anterior, Rickey e Stacy (2000) explicam que as atividades experimentais “MORE” foram criadas a partir da POE, mas com diferenças fundamentais. Na MORE os alunos devem apresentar em detalhes suas ideias iniciais, refletindo sobre vários aspectos, ao invés de fazer previsões de resultados isolados. Além disso, é solicitada explicitamente a reflexão sobre as observações para refinar os modelos iniciais. Por último, apesar de aplicáveis às outras disciplinas, a MORE enfatiza estratégias do campo do conhecimento da Química, como conectar observações macroscópicas às estruturas moleculares.

No modelo MORE, os estudantes relatam em palavras, figuras e símbolos o modelo inicial baseado em seus conhecimentos prévios sobre o tema – nesse caso, estrutura molecular de soluções aquosas. Após discutir com os colegas o modelo inicial, os estudantes conduzem experimentos, geram evidências macroscópicas diretamente relacionadas à estrutura molecular e são explicitamente solicitados a refletir sobre as implicações das observações para o modelo inicial. A partir das reflexões e usando evidências, os acadêmicos escrevem seu modelo final explicando como e por que as ideias iniciais foram modificadas ou não. Não são fornecidas informações se a atividade experimental foi realizada individualmente ou em grupo.

No *décimo nono artigo* (ACUTHAN; FRANCIS; DIWAKAR, 2017) foi combinada a utilização do laboratório real com o virtual. A partir da leitura do artigo, não é possível dizer qual o modelo de atividades experimentais utilizadas no laboratório real, mas sabemos que a atividade foi realizada por grupos. As atividades do laboratório virtual, por sua vez, foram realizadas individualmente para evitar que os alunos participassem passivamente das atividades em função da divisão de tarefas. O site (<http://vlab.amrita.edu>) utilizado para a condução dos

experimentos inclui a teoria, os procedimentos, a simulação, dentre outras informações. O artigo não fornece informações suficientes para determinar o modelo de atividades experimentais virtuais. O conteúdo de Física abordado foi Óptica. A interlocução professor-aluno e aluno-aluno não é mencionada.

### 3.2.4 Entendimento de metacognição presente nos estudos

O quarto aspecto se ocupa de analisar como a metacognição se fez presente nas investigações. Nesse aspecto foram avaliados os artigos que se enquadraram como centrais. Entretanto em um deles, no artigo de Acuthan, Francis e Diwakar (2017), não foi possível identificar o entendimento de metacognição.

Na leitura dos doze artigos presentes foi possível identificar três entendimentos de metacognição, assim apresentados: a metacognição com enfoque nas ações regulatórias da cognição (autorregulação); a metacognição como um processo reflexivo; e, por fim, a metacognição abrangendo tomada de consciência e regulação da cognição. O agrupamento dos artigos em relação à metacognição pode ser visualizado no Quadro 08.

Quadro 08 – A metacognição nos artigos analisados

| Entendimento de metacognição           | Artigos (por autores)   |
|--|---|
| Regulação da cognição (autorregulação) | Davidowitz e Rollnick (2003), Kung e Linder (2007), Sandi-Urena, Cooper e Gatlin (2011), Sandi-Urena et al. (2011), Sandi-Urena, Cooper e Stevens (2012), van Optsal e Daubenmire (2015), Bruckermann et al. (2017), Mathabathe e Potgieter (2017) e Teichert et al. (2017) |
| Processo reflexivo                     | Hand, Wallace e Yang (2004) e Saribaş, Mugaloğlu e Bayram (2013)  |
| Consciência e regulação da cognição    | Kipnis e Hofstein (2008)  |

Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

Foi entendido como *regulação da cognição (autorregulação)* os estudos em que foi avaliado o controle sobre o pensamento para a realização da tarefa, ou seja, em que a autorregulação esteve presente com os elementos planejamento, monitoração e avaliação. Tal entendimento pode ser percebido nos artigos de Sandi-Urena, Cooper e Gatlin (2011), Sandi-Urena et al. (2011), Sandi-Urena, Cooper e Stevens (2012), van Optsal e Daubenmire (2015) e Bruckermann et al. (2017). Os elementos autorregulatórios apresentados nessas pesquisas estão alinhados com os aspectos da ação executiva propostos por Brown (1978; 1987) e controle executivo e autorregulador de Rosa (2011), como mencionado no segundo capítulo.



Mathabathe e Potgieter (2017) acrescentam ao seu entendimento o elemento controle, avaliam o aspecto social da metacognição (autorregulação e regulação de outros) e classificam as manifestações segundo o tipo (social), a área (cognição, comportamento, performance) e a profundidade (alto e baixo). No entanto, no final do artigo os autores ressaltam que o monitoramento e o controle de comportamentos são separados por uma linha tênue. O aspecto social da metacognição tem seu referencial em Iiskala et al. (2004), a área, em Pintrich (2000), e a profundidade, em Volet e colaboradores (2009; 2014).

Davidowitz e Rollnick (2003) buscavam compreender como os estudantes controlavam a situação de aprendizagem. A definição utilizada é a de Gunstone (1994) que afirma que o aluno metacognitivo assume as tarefas de monitorar, integrar e ampliar seu próprio aprendizado, ou seja, possui bons comportamentos de aprendizagem.

Em Kung e Linder (2007), a metacognição foi associada a julgamento e avaliação da cognição. A definição que os pesquisadores adotaram foi a de Georghiades (2004), que a compreende como uma revisão crítica e julgamento da própria cognição. Usando o conceito de Pintrich et al. (2000), os autores afirmam que as verbalizações metacognitivas são o julgamento e monitoração.

Na pesquisa de Teichert et al. (2017), as atividades impulsionavam os estudantes a monitorar e regular seu próprio pensamento e aprendizagem, explicando como e por que revisaram seus modelos iniciais. Os autores não apresentam um referencial de metacognição; todavia, percebemos que o entendimento se aproximava, em partes, do apresentado por Nelson e Narens (1994) que focam na monitoração e controle. No entanto, para esses autores, a metacognição inclui uma previsão de resultados e julgamento sobre o resultado esperado frente ao previsto. A metacognição, para aqueles autores, é utilizada para explicar como as evidências refutaram (ou confirmaram) os modelos iniciais, implicando no refinamento (ou não) do modelo final.

É importante destacar que apesar de nessas pesquisas ter sido focado a regulação do conhecimento, alguns autores reconhecem em seus artigos que a metacognição também abrange o conhecimento do conhecimento e seus elementos como pessoa, tarefa e estratégia (SANDI-URENA; COOPER; GATLIN, 2011; SANDI-URENA; COOPER E STEVENS, 2012; VAN OPTSAL; DAUBENMIRE, 2015). No artigo de Mathabathe e Potgieter (2017) não foi mencionado explicitamente, mas há entendimento de que a componente do conhecimento do conhecimento é igualmente importante.

O entendimento de *metacognição como um processo reflexivo*, apresentando um entendimento restrito à reflexão sem envolver detalhamentos foi identificada em dois estudos.

Esses estudos recorrem a expressões como pensamento sobre o próprio pensamento (HAND; WALLACE; YANG, 2004) e consciência metacognitiva (SARIBAŞ; MUGALOĞLU; BAYRAM, 2013). Não são apresentadas mais informações sobre o que os autores compreendem como metacognição, associando-a apenas a um processo reflexivo.

No artigo de Kipnis e Hofstein (2008), a metacognição foi entendida como *tomada de consciência e monitoração do pensamento*, e foram utilizados dois referenciais teóricos para a análise dos dados: Schraw (1998) e Flavell, Miller e Miller (2002). No modelo de Schraw, a metacognição é composta pelo conhecimento do conhecimento e regulação do conhecimento. Esse modelo foi utilizado para a análise do estudo de caso.

Ao falar sobre os seus estudos, os entrevistados expressaram seus conhecimentos metacognitivos. O modelo de Flavell, Miller e Miller (2002) foi escolhido para caracterizar as entrevistas porque apresenta uma descrição detalhada da estrutura do conhecimento metacognitivo. Segundo Georghiades (2004), é mais fácil encontrar os aspectos metacognitivos quando uma pessoa fala sobre seus conhecimentos e aprendizagens porque ela está refletindo sobre o conhecimento existente em sua cognição, isto é, está praticando a metacognição.

Finalizamos a análise mencionando que nela não incluímos os artigos em que a metacognição ocupou lugar marginal porque as menções eram em número reduzido, dificultando qualquer afirmação se o entendimento era como reflexão ou se estava vinculado a componentes metacognitivas.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa aqui relatada buscou responder à seguinte pergunta: *quais são as características identificadas nas pesquisas estrangeiras que vinculam a metacognição com as atividades experimentais no ensino de Ciências?*

A fim de identificar artigos que realizassem essa associação, estruturamos um “estado do conhecimento” cujo *locus* de investigação foi a base de dados ERIC. As razões para a opção por essa base estão relacionadas ao fato de ser considerada uma das maiores, mais completas e mais antiga base de dados especializada no ensino de Ciências. A base é atualizada regularmente e cerca de 1 a cada 5 materiais indexados têm o texto integral disponibilizado *online* gratuitamente. Além disso, abrange os periódicos mais expressivos da área, incluindo o *Metacognition and Learning* – que publica somente os artigos que associam à metacognição aos processos de ensino e de aprendizagem.

A submissão dos descritores escolhidos na base de dados resultou em 554 materiais. Desses, 198 foram excluídos por se tratarem de pesquisas repetidas. Após a leitura do resumo, título e palavras-chave, concluímos que 337 resultados não atendiam aos parâmetros, por enfocarem outras áreas do saber associados a metacognição ou as atividades experimentais. A partir disso identificamos 19 artigos que constituíram o *corpus* dessa pesquisa.

Os resultados obtidos na análise desses 19 artigos permitiram observar que a pesquisa sobre essa temática continua em crescimento, conforme havia assinalado Zohar e Barzilai (2013). No entanto, as autoras observaram que a presença da experimentação nas pesquisas sobre metacognição no ensino de Ciências ainda é bastante tímida. As autoras identificaram 233 estudos sobre a metacognição e Educação em Ciências na base de dados ERIC no período entre 2000-2012. Na mesma base e período, identificamos apenas dez artigos que incluíam o tema das atividades experimentais; isso significa que a cada 23 pesquisas conduzidas, apenas uma associa o campo da experimentação.

Cinco revistas periódicas ocuparam um lugar de destaque visto que nessas publicações o somatório sobre essa temática correspondeu a cerca de 70% do *corpus* do estudo. Em relação aos seus escopos podemos notar que apenas no *Journal of Chemical Education* houve menção explícita sobre o aceite de artigos que investigam as atividades experimentais.

O Mapa-múndi apresentado na Figura 03, apesar da distribuição dos estudos não ser uniforme, nos permite inferir que a importância do estudo dessa temática tem sido reconhecida em vários países e por pesquisadores diferentes. A respeito dos grupos de pesquisa envolvidos,

apenas Hand, Wallace e Yang (2004) indicaram sua existência ao mencionar que o *Grupo de Pesquisa em Educação Científica* auxiliou na revisão dos testes.

Apenas quatro dos dezenove artigos indicaram o nome da instituição de ensino onde o estudo foi conduzido. O artigo de Davidowitz e Rollnick (2003) foi desenvolvido na Universidade da Cidade do Cabo; Llorens-Molina, de Jaime e Berzosa (2012), na Universidade Politécnica de Valência; Bagán, Sayós e García (2015), na Universidade de Barcelona; e o de Bruckermann et al. (2017), na Universidade de Colônia. Interessante notar que todos os estudos realizados na Espanha e na Alemanha informaram a Instituição na qual fizeram sua pesquisa. Hipotetizamos que possa existir algum fator que impulsionou esses pesquisadores a fazer essa indicação, quer seja característica de seus países, das revistas onde publicaram ou deles próprios.

O número reduzido de estudos conduzidos na Educação Básica foi outro fator que chamou a atenção nos resultados obtidos no presente estudo. Ele contrasta com a quantidade expressiva de pesquisas conduzidas no Ensino Superior. A carência é ainda maior no que diz respeito a investigações cujo público-alvo são as crianças matriculadas nos primeiros cinco anos do Ensino Fundamental. A explicação para esse fenômeno pode estar relacionada às poucas atividades experimentais conduzidas nesse nível de ensino, conforme apontado por pesquisadores como Galiazzi e colaboradores (2001).

Os resultados apontam que o campo do conhecimento da Química tem sido vinculado com maior frequência às pesquisas que associam a metacognição às atividades experimentais no ensino de Ciências. Notamos uma carência de pesquisas em Biologia e Física, sobretudo, naquelas em que as atividades experimentais estão associadas à metacognição no ensino de Ciências.

A respeito da abordagem metodológica utilizada nas pesquisas, podemos notar a predominância das de cunho qualitativo sobre as mistas e sobre as quantitativas. Isso significa que a maior parte desses pesquisadores entendeu que as relações que investigaram se tratavam de um sistema complexo que não teria sua riqueza completamente evidenciada ao ser traduzido em quantificações. Nesse ponto, os resultados da nossa pesquisa diferem dos apresentados por Rosa e Meneses Villagrà (2018) que, frente a um universo de intervenções didáticas em Física, apontaram que a abordagem quantitativa foi a mais utilizada. Tal identificação permite apontar que em termos das atividades experimentais e considerando os outros componentes curriculares que integram a área de Ciências, a investigação passa de uma abordagem essencialmente quantitativa para qualitativa.

Em relação à organização didático-metodológica, apenas em uma das treze pesquisas em que a metacognição ocupou lugar de centralidade não foi possível afirmar a abordagem utilizada. Cinco das treze investigações utilizaram mais de um tipo de atividade experimental para comparar os resultados do grupo experimental com o grupo controle, sendo utilizada a tradicional *versus* a investigativa em quatro delas.

Nas doze pesquisas em que foi possível identificar a abordagem didático-metodológica das atividades experimentais, onze foram identificadas como investigativas (sendo investigativa sozinha ou utilizada para o grupo experimental). Dessas uma correspondeu ao Nível 1 de abertura, nove ao Nível 2 e uma ao Nível 3<sup>32</sup>. A respeito das atividades investigativas Lazarowitz e Tamir (1994), em Clark, Clough e Berg (2000, p. 40), afirmam que

ao repensar as atividades de laboratório, muitas vezes é apresentada aos professores uma falsa dicotomia de que os estudantes devem seguir passivamente um procedimento tradicional de laboratório ou, no outro extremo, investigar uma questão de sua própria escolha. Esses extremos perdem o grande e fértil meio-termo que normalmente é mais pedagogicamente apropriado do que qualquer uma das extremidades do *continuum*<sup>33</sup>.

Isso significa que os pesquisadores dos artigos que compõem o nosso *corpus* de estudo reconhecem que as atividades experimentais podem ter um nível de abertura intermediário, sem que a participação do aluno fique restrita a uma mera execução de roteiros estruturados ao mesmo tempo em que a responsabilidade conferida aos estudantes não se torne uma carga maior do que eles conseguem suportar. Uma das formas utilizadas por esses pesquisadores para evitar essa sobrecarga foi conduzir a atividade em grupos, de modo que um aluno pudesse auxiliar o outro na realização da atividade experimental.

Em onze dos treze artigos em que a metacognição foi central, identificamos que as atividades experimentais foram conduzidas em grupo. No artigo de autoria de Acuthan, Francis e Diwakar (2017), o laboratório virtual foi realizado individualmente, mas o real foi em grupo. No artigo de Teichert et al. (2017) não foi possível determinar se a atividade foi realizada individualmente ou não. Em nove artigos o professor não era considerado uma fonte de

---

<sup>32</sup> As atividades experimentais investigativas podem ser classificadas de acordo com seu nível de abertura, variando do mais fechado (Nível zero) ao mais aberto (Nível 3). A explicação mais detalhada sobre o que constitui cada nível de abertura pode ser encontrada na seção 3.2.3, página 81.

<sup>33</sup> *In rethinking laboratory activities, too often a false dichotomy is presented to teachers that students must either passively follow a cookbook laboratory procedure or, at the other extreme, investigate a question of their own choosing. These extremes miss the large and fertile middle ground that is typically more pedagogically sound than either end of the continuum.*

informações, mas sim um suporte que auxiliava os alunos a refletirem e a encontrarem as respostas para as suas dúvidas.

Na literatura nacional, conforme mencionado no capítulo dedicado ao aporte teórico, as pesquisas que associaram a metacognição às atividades experimentais no ensino de Ciências utilizaram o modelo pré-pós como organização didático-metodológica. No entanto, essa não é a única forma que pode ser realizada essa aproximação. A partir dos 19 artigos que compõem o nosso *corpus* podemos afirmar que, ao menos em parte, a literatura estrangeira tem encontrado nas atividades experimentais investigativas a possibilidade de associar a metacognição à organização didática.

O *corpus* corroborou a afirmação apresentada no aporte teórico de que as principais divergências encontradas no entendimento de metacognição estão relacionadas com as componentes que a integram, ampliando alguns aspectos em detrimento de outros. Nas atividades experimentais a definição utilizada por eles é, em geral, restrita à metacognição como um processo autorregulatório. A componente que se refere à tomada de consciência não aparece na forma de estratégias didáticas. O fato de essa componente não estar sendo operacionalizada significa que os autores estão atribuindo a tarefa de evocar os próprios conhecimentos aos estudantes. No entanto, o estudo de Santos, Ribeiro e Rosa (2016) apontou que menos da metade dos alunos por eles investigados ativam espontaneamente essa forma de pensamento, principalmente os referentes à primeira componente da metacognição. A partir disso ponderamos que se espontaneamente a maior parte dos estudantes não recorre aos pensamentos metacognitivos, não seria sensato que as práticas a considerassem?

Tal inferência, como nos lembra Flavell (1979), apoia-se no entendimento de a metacognição é resultante da integração das duas componentes, que não atuam de modo independente na estrutura cognitiva do sujeito, mas estão interligadas e constituem o conhecimento do conhecimento que o sujeito precisa ter para atingir seus objetivos de forma mais eficaz.

Rosa e Meneses Villagrà (2018) e Boszko (2019) afirmam que a maioria dos estudos por eles localizados restringe a metacognição a uma reflexão do pensamento, sem maiores especificações. Diferentemente de outras instruções didáticas, como a resolução de problemas investigada pelos primeiros autores e os diários de aprendizagem estudados pela segunda autora, as atividades experimentais se revelam oportunas de ativação do pensamento metacognitivo em sua plenitude, pelo menos enquanto entendido como integralizado pelas duas componentes mencionadas anteriormente. Isso reforça o inferido por Rosa (2011) de que as atividades experimentais se revelam oportunas de mostrar aos alunos possibilidades para ativar

o pensamento metacognitivo. Todavia, no presente estudo, a maioria das investigações se mostrou limitante em termos da primeira componente – conhecimento do conhecimento.

Tal afirmação encontra respaldo no estudo de Kipnis e Hofstein (2008) que iniciam afirmando que “uma atividade investigativa devidamente planejada e conduzida pode oportunizar a prática das habilidades metacognitivas”<sup>34</sup> (p. 603) e concluem sua pesquisa indicando que

como os resultados dessa pesquisa nos permitem argumentar persuasivamente que as atividades investigativas oferecem aos alunos oportunidades de praticar sua metacognição ao longo dos diferentes estágios do experimento, há interesse em investigar mais o aspecto metacognitivo das atividades experimentais investigativas<sup>35</sup> (p. 625).

Após mapear as produções estrangeiras indexadas na base de dados ERIC e examinar os padrões contextuais e conceituais emergentes nesses estudos, lembramos que o nosso *corpus* não abrange todos os artigos estrangeiros visto que podem existir estudos publicados em inglês que não foram indexados na ERIC assim como possivelmente existem estudos sobre essa temática publicados nas línguas maternas dos pesquisadores. Portanto, os resultados aqui apresentados e discutidos possuem essa limitação. Ainda assim, esses estudos indicam, ao menos em parte, o desenvolvimento da área.

---

<sup>34</sup> [We claim that] an inquiry-type laboratory that is properly planned and performed can give students the opportunity to practice **metacognitive** skills.

<sup>35</sup> Since the results of the current research enable us to argue persuasively that the inquiry laboratory activity provides the students with opportunities to practice their **metacognition** throughout the different stages of the inquiry-type experiment, there is interest in further investigating the **metacognitive** aspect of inquiry activities.

## REFERÊNCIAS

- ACHUTHAN, Krishnashree; FRANCIS, Saneesh P.; DIWAKAR, Shyam. Augmented reflective learning and knowledge retention perceived among students in classrooms involving virtual laboratories. *Education and Information Technologies*, v. 22, n. 6, p. 2825-2855, 2017.
- ARRUDA, Sergio de Mello; LABURÚ, Carlos Eduardo. Considerações sobre a Função do Experimento no Ensino de Ciências. *Ciência e Educação (UNESP)*, Bauru, v. 2, p. 14-24, 1996.
- BAGÁN, Héctor; SAYÓS, Rosa; GARCÍA, José F. Skill development in experimental courses. *Journal of Technology and Science Education*, v. 5, n. 3, p. 169-183, 2015.
- BARRA, Karl Michael; LORENZ, Vilma Marcassa. Produção de Materiais Didáticos de Ciências no Brasil, Período 1950 a 1980. *Ciência e Cultura*, v. 38, n. 12, p. 1970-1983, 1986.
- BIAGINI, Beatriz; MACHADO, Clodoaldo. A experimentação no ensino de ciências em duas escolas municipais de Florianópolis/SC. *Revista da SBEnBIO-Associação Brasileira de Ensino de Biologia*, n. 7, p. 900-911, 2014.
- BORGES, Antônio. Tarciso. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 19, n. 3, p. 291-313, dez. 2002.
- BOSZKO, Camila. *Diários de aprendizagem e os processos metacognitivos: estudo envolvendo professores de Física em formação inicial*. 2019. Dissertação (Mestrado em Educação) - Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2019.
- BROWN, Ann L. Knowing when, where, and how to remember: a problem of metacognition. In: GLASER, Robert (Ed.). *Advances in instructional psychology*. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, v. 1, 1978, p. 77-165.
- BROWN, Ann L. Metacognition, executive control, self-regulation, and other more mysterious mechanisms. In: WEINERT, Franz E.; KLUWE, Rainer H. (eds.). *Metacognition, motivation and understanding*. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, 1987, p. 65-116.
- BRUCKERMANN, Till; ASCHERMANN, Ellen; BRESGES, André; SCHLÜTER, Kirsten. Metacognitive and multimedia support of experiments in inquiry learning for science teacher preparation. *International Journal of Science Education*, v. 39, n. 6, p. 701-722, 2017.
- ÇALIŞKAN, İlke. The Perceptions of Pre-Service Science Teachers' about Using Vee Diagrams and Electronic Portfolios in Physics Laboratory Course. *Education Research and Reviews*, v. 9, n. 6, p. 173-182, 2014.
- CARILLO; Lori; LEE, Chris; RICKEY, Dawn. Enhancing Science Teaching by Doing More: A Framework to Guide Chemistry Students' Thinking in the Laboratory. *The Science Teacher*, v. 72, n. 7, 2005.



CAVALCANTE, Marisa Almeida; TAVOLARO, Cristiane Rodrigues Caetano; MOLISANI, Elio. Física com Arduino para iniciantes. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 33, n. 4, 2011.

CHAIB, João Paulo Martins de Castro; ASSIS, André Koch Torres; Experiência de Oersted em sala de aula. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 29, n. 1, p. 41-51, 2007.

CLARK, Robert L.; CLOUGH, Michael P.; BERG, Craig A. Modifying Cookbook Labs to Mentally Engage Students. *The Science Teacher*, v. 67, n. 7, 2000.

DAVIDOWITZ, Bette; ROLLNICK, Marissa. Enabling Metacognition in the Laboratory: A Case Study of Four Second Year University Chemistry Students. *Research in Science Education*, v. 33, n. 1, p. 43-69, 2003.

DEBOER, George E. Historical perspectives on inquiry teaching in schools. In: FLICK, Lawrence B.; LEDERMAN, Norma G. (Eds.). *Scientific Inquiry and Nature of Science: Implications for Teaching, Learning and Teacher Education*. Netherlands: Springer, 2006. p. 17-35.

DESLANDES, Suely Ferreira; GOMES, Romeu; MINAYO, Maria Cecília de Souza. *Pesquisa social: teoria, método e criatividade*. 31. ed. Petrópolis: Vozes, 2012.

DONATO, Helena. Estratégias de Pesquisa Bibliográfica para Anestesiologistas. *Revista da Sociedade Portuguesa de Anestesiologia*, v. 25, n. 2, p. 60-68, 2016.

FADEL, Charles; BIALIK, Maya; TRILLING, Bernie. *Four-dimensional education*. Boston: Center for Curriculum Redesign, 2015.

FERREIRA, Luiz Henrique; HARTWIG, Dácio Rodney. GT2 Experimentação. In: Encontro Paulista de Pesquisa em Ensino de Química, 1, 2004. Disponível em: <<http://gpqae.iqm.unicamp.br/EPPEQ.pdf>> Acesso em 12 de abril de 2019.

FERREIRA, Norberto Cardoso. *Proposta de laboratório para a escola brasileira: um ensaio sobre a instrumentalização no ensino médio de Física*. 1978. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Instituto de Física e Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1978.

FLAVELL, John H. First discussant's comments: what is memory development the development of? *Human Development*, n. 14, p. 272-278, 1971.

FLAVELL, John H. Metacognition and cognitive monitoring: a new area of cognitive – developmental inquiry. *American Psychologist*, v. 34, n. 10, p. 906-911, 1979.

FLAVELL, John H. Metacognitive aspects of problem solving. In: RESNICK, Lauren B. (ed.). *The nature of intelligence*. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, 1976, p. 231-236.

FLAVELL, John H; WELLMAN, Henry M. Metamemory. In: KAIL, Robert V.; HAGEN, John W. (Eds.) *Perspectives on the development of memory and cognition*. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, 1977, p. 3-33.

GALIAZZI, Maria do Carmo; ROCHA, Jusseli Maria de Barros; SCHMITZ, Luiz Carlos; SOUZA, Moacir Langoni de; GIESTA, Sérgio; GONÇALVES, Fábio Peres. Objetivos das atividades experimentais no ensino médio: a pesquisa coletiva como modo de formação de professores de ciências. *Ciência & Educação (Bauru)*, v. 7, n. 2, p. 249-263, 2001.

GHANI, Intan Baizura Abd; IBRAHIM; Nor Hasniza; YAHAYA, Noraffandy A.; SURIF, Johari. Enhancing students' HOTS in Laboratory Educational Activity by using Concept Map as an Alternative Assessment Tool. *Chemistry Education Research and Practice*, v. 18, n. 4, p. 949-874, 2017.

GIL, Antônio Carlos. *Como elaborar projetos de pesquisa*. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GIL, Antônio Carlos. *Métodos e técnicas de pesquisa social*. 4 ed. São Paulo: Atlas, 1994.

GIL-PÉREZ, Daniel; VALDÉS, Pablo Castro. La orientación de las prácticas de laboratorio como investigación: um ejemplo ilustrativo. *Enseñanza de las ciencias*, v. 14, n. 2, p. 155-163, 1996.

GONÇALVES, Fábio Peres. *A problematização das atividades experimentais no desenvolvimento profissional e na docência dos formadores de professores de Química*. 2009. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

GONÇALVES, Fábio Peres. *O texto de experimentação na Educação em Química: discursos pedagógicos e epistemológicos*. 2005. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

GONZÁLES, Fredy E. Acerca de la metacognición. *Revista Paradigma*, 1996.

HAND, Brian; WALLACE, Carolyn W.; YANG, Eun-Mi. Using a Science Writing Heuristic to enhance learning outcomes from laboratory activities in seventh-grade science: quantitative and qualitative aspects. *International Journal of Science Education*, v. 26, n. 2, p. 131-149, 2004.

HATTIE, John. *Visible learning for teachers: maximizing impact on learning*. New York: Routledge, 2012.

HEIDEMANN, Leonardo Albuquerque. *Ressignificação das atividades experimentais no Ensino de Física por meio do enfoque no processo de modelagem científica*. 2015. Tese (Doutorado em Ensino de Física) – Programa de Pós-Graduação em Ensino Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

HEIDEMANN, Leonardo Albuquerque; ARAÚJO, Ives Solano; VEIT, Eliane Angela. Atividades experimentais com enfoque no processo de modelagem científica: uma alternativa para a resignificação das aulas de laboratório em cursos de graduação em física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 38, n. 1, 2016.

HENNESSEY, Gertrude. Metacognitive aspects of students' reflective discourse: implications for intentional conceptual change teaching and learning. In: SINATRA, Gale; PINTRICH, Paul (Orgs.), *Intentional conceptual change*. Mahwah, NJ: LEA, 2003. p. 103-132.

HERTZBERG, Scott; RUDNER, Lawrence. The Quality of Researchers' Searches of the ERIC Database. *Education Policy Analysis Archives*, v. 7, n. 25, 1999.

HODSON, Derek. Experimentos na ciência e no ensino de ciências. Trad. Paulo A. Porto. *Educational philosophy and theory*, v. 20, 1988.

HODSON, Derek. Investigación y experiencias didácticas: hacia um enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las ciencias*, v. 12, n. 3, p. 299-313, 1994.

ITO, Joichi; HOWE, Jeff. *Disrupção e inovação: como sobreviver ao futuro incerto*. Rio de Janeiro: Alta Books, 2018.

JOU, Graciela Inchausti de. *As habilidades cognitivas na compreensão da leitura: um processo de intervenção no contexto escolar*. 2001. Tese (Doutorado em Psicologia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

KIPNIS, Mira; HOFSTEIN, Avi. The inquiry laboratory as a source for development of metacognitive skills. *International Journal of Science and Mathematics Education*, v. 6, n. 3, p. 601-627, 2008.

KRASILCHIK, Myriam. Inovação no ensino das ciências. In: GARCIA, Walter E. (Coord.). *Inovação educacional no Brasil: problemas e perspectivas*. São Paulo: Cortez, 1980.

KRASILCHIK, Myriam. Reformas e realidade: o caso do ensino de ciências. *São Paulo em perspectiva*, v. 14, n.1, p. 85-93, 2000.

KUNG, Rebecca Lippmann; LINDER, Cedric. Metacognitive activity in the physics student laboratory: is increased metacognition necessarily better? *Metacognition and Learning*, v. 2, n. 1, p. 41-56, 2007.

LAVILLE, Christian; DIONNE, Jean. *A construção do saber: manual de metodologia da pesquisa em ciências humanas*. Porto Alegre: ARTMED, 1999.

LLORENS-MOLINA, Juan Antonio; DE JAIME, Jesús Maria Llorens; BERZOSA, Isidora Sanz. Analysis of students' generated questions in laboratory learning environments. *Journal of Technology and Science Education*, v. 2, n.1, p. 46-55, 2012.

LORENZ, Karl Michael. Ação de instituições estrangeiras e nacionais no desenvolvimento de materiais didáticos de ciências no Brasil: 1960-1980. *Revista Educação em Questão*, v. 31, n. 17, p. 7-23, 2008.

LUNA, Sergio Vasconcelos de. *Planejamento de pesquisa: uma introdução*. São Paulo: EDUC, 2011.

MALONE, Kathy L. Correlations among knowledge structures, force concept inventory, and problem-solving behaviors. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*, v. 4, n. 2, 2008.

MARTINS, Paulo Nuno. Organic Chemistry in Portugal from 1900 to 1970: a contribution to the history of science. *Orbital: The Electronic Journal of Chemistry*, v.9, n. 5, p. 369-377, 2017.

- MATHABATHE, Kgadi Clarrie; POTGIETER, Marietjie. Manifestations of metacognitive activity during the collaborative planning of chemistry practical investigations. *International Journal of Science Education*, v. 39, n. 11, p. 1465-1484, 2017.
- MENEZES, Jean Michel dos Sanros. *Atividades experimentais no ensino de propriedade coligativas: possibilidades para aprender significativamente*. 2018. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2018.
- MILLAR, Robin. Toward a Role for Experiment in the Science Teaching Laboratory. *Studies in Science Education*, v. 14, n. 1, p. 109-118, 1987.
- MINAYO, Maria Cecília de Souza. *O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde*. 14. ed. São Paulo: Hucitec, 2014.
- NELSON, Thomas O.; NARENS, Louis. Why investigate metacognition. In: METCALFE, Janet; SHIMAMURA, Arthur P. (Orgs). *Metacognition: Knowing about knowing*. Cambridge: ABB, 1994.
- NIELSEN, Wendy S.; NASHON, Samson; ANDERSON, David. Metacognitive engagement during field-trip experiences: A case study of students in an amusement park physics program. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 46, n. 3, p. 265-288, 2009.
- NOËL, Bernadette. *La metacognition*. Bruxelles: De Boeck Université, 1991.
- PINHO-ALVES, Jose. *Atividades experimentais: do método à prática construtivista*. 2000. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.
- POL, Henk J.; HARSKAMP, Egbert G.; SUHRE, Cor J. M.; GOEDHART, Martin J. How indirect supportive digital help during and after solving physics problems can improve problem-solving abilities. *Computers & Education*, v. 53, n. 1, p. 34-50, 2009.
- RIBEIRO, Leandro Fabricio. *A relatividade de Galileu a Einstein*. 2018. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.
- RICKEY, Dawn; STACY, Angelica M. The role of metacognition in learning chemistry. *Journal of chemical education*, v. 77, n. 7, p. 915-920, 2000.
- RODRIGUES, Bruno Augusto; BORGES, Antônio Tarciso. O ensino de ciências por investigação: reconstrução histórica. In: Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 11, 2008, Curitiba. *Anais do XI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física*. São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2008.
- ROMANOWSKI, Joana Paullin. *As licenciaturas no Brasil: um balanço das teses e dissertações dos anos 90*. 2002. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade de São Paulo, São Paulo: 2002.
- ROMANOWSKI, Joana Paullin; ENS, Romilda Teodora. As pesquisas denominadas do tipo “Estado da Arte” em educação. *Revista Diálogo Educacional*, v. 6, n. 19, 2006.

ROSA, Cleci Teresinha Werner. *A metacognição e as atividades experimentais no ensino de Física*. 2011. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica) – Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

ROSA, Cleci Teresinha Werner. *Laboratório didático de física da Universidade de Passo Fundo: concepções teórico-metodológicas*. 2001. Dissertação (Mestrado em Educação) – Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2001.

ROSA, Cleci Teresinha Werner. *Metacognição no ensino de Física: da concepção à aplicação*. Passo Fundo: UPF Editora, 2014.

ROSA, Cleci Teresinha Werner; DARROZ, Luiz Marcelo; ROSA, Álvaro Becker. Discussões atuais e perspectivas futuras nas pesquisas brasileiras sobre metacognição e ensino de Física. *Enseñanza de las ciencias*, v. Extra, p. 4245-4251, 2017.

ROSA, Cleci Teresinha Werner; DARROZ, Luiz Marcelo; SANTOS, Ana Cláudia Tasso. Visão atual das pesquisas nacionais sobre afetividade e ensino de física. *Quaestio – Revista de Estudos em Educação*, v. 19, n. 3, p. 711-733, 2017.

ROSA, Cleci Teresinha Werner; MENESES VILLAGRÁ, Jesús Angel. Metacognição e ensino de Física: revisão de pesquisas associadas a intervenções didáticas. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 18, n. 2, p. 581-608, 2018.

ROSA, Cleci Teresinha Werner; RIBEIRO, Cássia; ROSA, Álvaro Becker. Habilidades metacognitivas envolvidas na resolução de problemas de Física: investigando estudantes com expertise. *Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas*, v. 14, n. 29, 2018.

SALVADEGO, Wanda Naves Cocco; LABURÚ, Carlos Eduardo; BARROS, Marcelo Alves. Uso de atividades experimentais pelo professor das Ciências Naturais no ensino médio: relação com o saber profissional. In: 1º CPEQUI – 1º CONGRESSO PARANAENSE DE EDUCAÇÃO EM QUÍMICA, 2009, Londrina. *Anais do 1º Congresso Paranaense de Educação em Química*. Londrina: UEL, 2009.

SANDI-URENA, Santiago; COOPER, Melaine M.; GATLIN, Todd Adam. Graduate teaching assistants' epistemological and metacognitive development. *Chemistry Education Research and Practice*, v. 12, n. 1, p. 92-100, 2011.

SANDI-URENA, Santiago; COOPER, Melaine M.; GATLIN, Todd Adam; BHATTACHARYYA, Gautam. Students' experience in a general chemistry cooperative problem based laboratory. *Chemistry Education Research and Practice*, v. 12, n. 4, p. 434-442, 2011.

SANDI-URENA, Santiago; COOPER, Melaine M.; STEVENS, Ron. Effect of Cooperative Problem-Based Lab Instruction on Metacognition and Problem-Solving Skills. *Journal of Chemical Education*, v. 89, n. 6, p. 700-706, 2012.

SANTOS, Ana Cláudia Tasso; RIBEIRO, Cássia; ROSA, Cleci Teresinha Werner. Uso do pensamento metacognitivo por alunos do ensino médio. In: Mostra do Conhecimento, 3, 2016, Passo Fundo. *Anais da III Mostra do Conhecimento*. Passo Fundo: UPF Editora, 2016. v. 1. p. 1-2.

SANTOS, Boaventura de Sousa. *Um discurso sobre as ciências*. 5 ed. São Paulo: Cortez, 2008.

SARIBAŞ, Deniz; MUGALOĞLU, Ebru Z.; BAYRAM, Hale. Creating metacognitive awareness in the lab: outcomes for preservice science teachers. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, v. 9, n. 1, p. 83-88, 2013.

SAUCEDO, Kellys Regina Rodio; PIETROCOLA, Maurício. Características de pesquisas nacionais e internacionais sobre temas controversos na Educação Científica. *Ciência & Educação (Bauru)*, v. 25, n. 1, p. 215-233, 2019.

SCHWAHN, Maria Cristina Aguirre; OAIGEN, Edson Roberto. O uso do laboratório de ensino de Química como ferramenta: investigando as concepções de licenciandos em Química sobre o Predizer, Observar, Explicitar (POE). *Acta Scientiae*, v. 10, n. 2, p. 151-169, 2008.

SICCA, Natalina Aparecida Laguna. *A experimentação no ensino de Química – 2º grau*. 1990. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1990.

SICCA, Natalina Aparecida Laguna. Razões históricas para uma nova concepção de laboratório no ensino médio de química. *Paidéia* (Ribeirão Preto), p. 115-130, 1996.

SILVA, Francisca Jocineide da Costa; CARVALHO, Maria Eulina Pessoa. O estado da arte das pesquisas educacionais sobre gênero e educação infantil: uma introdução. In: Encontro Nacional da Rede Feminista Norte e Nordeste de Estudos e Pesquisas sobre a mulher e relações de gênero (Redor), 18, 2014, Recife. *Anais eletrônicos*. Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2014. p. 346-362.

TAO, Ping-Kee; GUNSTONE, Richard F. The Process of Conceptual Change in Force and Motion during Computer-Supported Physics Instruction. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 36, n. 7, p. 859-882, 1999.

TEICHERT, Melonie A.; TIEN, Lydia T.; DYSLESKI, Lisa; RICHEY, Dawn. Thinking Processes Associated with Undergraduate Chemistry Students' Success at Applying a Molecular-Level Model in a New Context. *Journal of Chemical Education*, v. 94, n. 9, p. 1195-1208, 2017.

THOMAS, Gregory P. The social mediation of metacognition. In: MCINERNEY, Dennis; VAN ETTEN, Shawn (Eds.). *Sociocultural influences on motivation and learning: Research on sociocultural influences on motivation and learning*. Greenwich, CT: Information Age, 2002. p. 225–247.

THOMAS, Gregory P.; MEE, Doris Au Kin. Changing the learning environment to enhance students' metacognition in Hong Kong primary school classrooms. *Learning Environments Research*, v. 8, n. 3, p. 221-243, 2005.

VAN OPTSAL, Mary T.; DAUBENMIRE, Patrick L. Extending Students' Practice of Metacognitive Regulation Skills with the Science Writing Heuristic. *International Journal of Science Education*, v. 37, n. 7, p. 1089-1112, 2015.

VEENMAN, Marcel V. J.; VAN HOUT-WOLTERS, Bernadette H. A. M.; AFFLERBACH, Peter. Metacognition and learning: Conceptual and methodological considerations. *Metacognition and Learning*, v. 1, n. 1, p. 3-14, 2006.

VEIT; Eliane Angela; ARAÚJO, Ives Solano. Modelagem computacional no ensino de física. In: Encontro de Físicos do Norte e Nordeste, 23, 2005, Maceió.

VOLPATO, Enilze de Souza Nogueira. Pesquisa bibliográfica em ciências biomédicas. *Jornal de Pneumologia*, v. 26, n.2, 2000.

VOLPATO, Enilze de Souza Nogueira. *Subsídios para a construção de estratégia de busca para revisões sistemáticas na base de dados Medline via Pubmed*. 2013. Dissertação (Mestrado em Bases Gerais da Cirurgia) – Faculdade de Medicina de Botucatu, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2013.

WU, Ying-Tien; TSAI, Chin-Chung. Effects of constructivist-oriented instruction on elementary school students' cognitive structures. *Journal of Biological Education*, v. 39, n. 3, p. 113-119, 2005.

ZIMMERMAN, Barry J. Self-efficacy and educational development. In: BANDURA, Albert (Org.). *Self-efficacy in changing societies*. Cambridge: Cambridge University Press, 1995.

ZOHAR, Anat; BARZILAI, Sarit. A review of research on metacognition in science education: current and future directions. *Studies in Science Education*, v. 49, n. 2, p. 121-169, 2013.