

ESTUDO DA VIABILIDADE DE UMA PROPOSTA DIDÁTICA METACOGNITIVA PARA AS ATIVIDADES EXPERIMENTAIS EM FÍSICA

A feasibility study of a metacognitive educational proposal for experimental activities in physics

Cleci Werner da Rosa¹ · José de Pinho Alves Filho²

Resumo: Pautado no ideal de uma educação que prepara indivíduos autônomos, críticos e atuantes na sociedade, o presente trabalho investiga a possibilidade de se inserirem momentos explícitos de evocação do pensamento metacognitivo durante a realização de atividades experimentais de Física no Ensino Médio. O objetivo consiste em proporcionar que os estudantes recorram a essa forma de pensamento durante tais atividades. Partindo-se de estudos anteriores, este busca discutir a viabilidade da aplicação, em sala de aula, dessas atividades. O estudo é regido pelo aspecto construtivista e pela explicitação do pensamento metacognitivo. Em termos metodológicos, a pesquisa recorre à coleta de dados quantitativa, com análise qualitativa, utilizando, como instrumento, uma ficha de observação, elaborada com base nos elementos metacognitivos tidos como atributos de investigação. Os resultados permitem inferir que o modelo se mostra pertinente, revelando que a explicitação de momentos de evocação do pensamento metacognitivo representa uma alternativa à aprendizagem em Física.

Palavras-chave: Ensino de física. Ensino Médio. Metacognição. Atividades experimentais.

Abstract: Guided by the ideal of an education that prepares autonomous, critical, and active individuals in society, the present paper investigates the possibility of introducing the evocation of explicit moments of metacognitive thinking while carrying experimental Physics activities in High School. The goal is to provide students with recourse to this form of thought during such activities. Based on previous studies, the present one seeks to discuss the feasibility of implementing metacognitive experimental activities in the classroom context. The study is run from a constructivist perspective, and explicitly evokes moments of metacognitive thinking. In methodological terms, the research uses quantitative data collection with qualitative analysis, using as a data collection instrument an observational form based on metacognitive elements considered being investigational attributes. The results allow the conclusion that the model is pertinent; revealing that evoking metacognitive thinking explicitly represents an alternative for the learning of Physics.

Keywords: Physics teaching. High School, Metacognition. Experimental activities.

¹ Universidade de Passo Fundo (UPF), Departamento de Física, Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática. Universidade de Passo Fundo, BR 285, Bairro São José, CEP 99052-900, Passo Fundo, RS, Brasil. E-mail: cwerner@upf.br

² Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Programa de Pós-graduação em Educação Científica e Tecnológica, Florianópolis, SC, Brasil.

Introdução

A metacognição tem sido apontada na literatura como alternativa para qualificar o processo de ensino-aprendizagem. Entretanto, sua utilização ainda é tímida, sobretudo em se tratando do ensino de Física, conforme apontado por Rosa e Alves Filho (2009). Segundo os autores, entre as prováveis causas está a falta de um referencial teórico pertinente à associação da metacognição com o ensino de Ciências. Em trabalho mais recente, Rosa (2011) aponta outra problemática referente aos poucos trabalhos relacionados à utilização da metacognição em sala de aula, evidenciando a carência de propostas didáticas que a aproximem das situações em sala de aula como um dos entraves para a sua presença nesse contexto.

Campanario e Otero (2000, p. 156), na mesma perspectiva, relatam que, no ensino de Ciências, a falta de momentos que possibilitem a evocação do pensamento metacognitivo, na forma de estratégia de aprendizagem, tem sido um dos fatores que conspiram cognitivamente contra o trabalho do professor, constituindo-se como obstáculo à aprendizagem significativa por parte dos alunos. Particularmente com relação aos professores, os autores relatam que poucos têm consciência de que as dificuldades apresentadas pelos estudantes podem estar relacionadas à falta de evocação e de utilização estratégica dessa forma de pensamento, levando a que dificilmente sejam consideradas no ensino. Para os autores, o número reduzido de pesquisadores com atuação nessa linha justifica a carência de resultados mais específicos. Em suas palavras, “[...] ainda há muito que fazer neste terreno abrindo um novo campo para a experimentação e para a atuação do professor em aula” (CAMPANARIO; OTERO, 2000, p. 165, tradução nossa).

A questão mencionada acima foi igualmente destacada por Schuster (1993 apud MOREIRA; GRECA, 2003) em sua conferência no Third International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics, realizada na Cornell University. O trabalho apresentado pelo autor, intitulado From ‘misconceptions’ to ‘richconceptions’, descreve a utilização da metacognição como um meio adequado para provocar mudança conceitual e enriquecer a compreensão através da metacognição, a qual, contudo, carece de mais resultados empíricos para a verificação de sua validade. Essa falta de dados empíricos, bem como de um referencial apropriado, é igualmente apontada por Ogborn (1994), que, ao criticar a validade de algumas das proposições construtivistas no ensino de Ciências, destaca as vinculadas ao pensamento metacognitivo.

Por sua vez, a psicologia cognitiva vem mostrando que o diferencial entre os estudantes mais bem-sucedidos em Física (experts) e os que apresentam dificuldades em sua compreensão (novatos) está na utilização do pensamento metacognitivo, como é o caso dos estudos da psicóloga Michelene Chi (1989) e seus colaboradores. Chi, Glaser e Rees (1982) descrevem a diferença entre os dois tipos de estudantes no momento em que realizam uma atividade experimental envolvendo o estudo do plano inclinado. De acordo com os autores, os novatos buscam apenas identificar questões específicas de descrição da queda dos corpos no plano, limitando seus conhecimentos a questões de procedimento, ao passo que os experts procuram identificar a queda dos corpos em termos dos princípios fundamentais da mecânica newtoniana. Ainda em relação à diferença entre os comportamentos de novatos e experts, Larkin (1983) afirma que os últimos partem para a solução do problema somente após terem estabe-

lecido uma representação mental da situação física a ele referente, recorrendo a aspectos de identificação com estruturas já existentes em seu pensamento, ou seja, evidenciando uma forma metacognitiva de proceder.

Aproximando-se do campo didático, as pesquisas de Chi et al. (1989) e de Bransford, Brown e Cocking (1999), entre outras, apontam para a necessidade de que a inserção do pensamento metacognitivo no processo educacional seja feita de maneira explícita, não deixando sob a responsabilidade do estudante a efetivação desse processo, porque, nesse caso, poderá não ocorrer. Assim, se a intenção é que os estudantes recorram ao seu pensamento metacognitivo, faz-se necessário ativá-lo, o que aponta para a importância de se desenvolverem alternativas didáticas como forma de subsidiar a ação do professor. Tal alternativa se mostra como uma nova enseada no ensino de Física, a qual se torna digna de ser investigada.

Com base no exposto e imbuído do desejo de inserir a metacognição na sala de aula, o presente estudo tem por objetivo investigar a aplicação, no contexto escolar, de uma proposta didático-metodológica para as atividades experimentais em Física, de modo a refletir sobre a manifestação do pensamento metacognitivo nos estudantes diante da nova proposta. Para tanto, no que diz respeito à metacognição, toma por referência estudos desenvolvidos por autores como Flavell (1976, 1979) e Brown (1978, 1987), entendendo-a como o conhecimento que o sujeito tem sobre seu conhecimento e a capacidade de regulação dada aos processos executivos, somados ao controle e à orquestração desses mecanismos (ROSA, 2011).

Nessa linha, a metacognição engloba duas componentes: o conhecimento do próprio conhecimento e o controle executivo e autorregulador das ações. A primeira está vinculada aos conhecimentos que os indivíduos possuem sobre seus recursos cognitivos e à relação entre eles. A segunda, por seu turno, diz respeito ao controle e à regulação dos processos cognitivos, ou seja, à capacidade que os indivíduos apresentam de planejar estratégias de ação, a fim de atingirem um determinado objetivo, bem como os ajustamentos para que isso se concretize.

É importante esclarecer, ainda, que o conhecimento do conhecimento envolve as variáveis pessoa, tarefa e estratégia (FLAVELL; WELLMAN, 1977), e que o controle executivo e autorregulador encontra-se associado às operações de planificação, monitoração e avaliação (BROWN, 1987). Tanto as variáveis como as operações foram denominadas, por Rosa (2011), como “elementos metacognitivos”, pertinentes de serem potencializados nas atividades experimentais desenvolvidas em Física no Ensino Médio. Em termos da concepção de atividade experimental, toma-se o estudo de Alves Filho (2000) como referencial construtivista, evidenciando a necessidade de se reorganizarem os modelos frequentemente utilizados pelos professores no Ensino Médio. Em trabalho anterior (ROSA, 2011), os referenciais mencionados possibilitaram elaborar um modelo propositivo de atividades experimentais de orientação metacognitiva, denominadas de Atividades Experimentais Metacognitivas (AEMc). Esse modelo, operacionalizado na forma de roteiros-guia, foi implementado e analisado em uma turma de primeiro ano de Ensino Médio, cabendo, ao presente estudo, apresentar os resultados obtidos com essa experiência.

Para tanto, o artigo está estruturado de forma a inicialmente expor, de maneira sucinta, o modelo propositivo de AEMc e sua indicação de operacionalização na forma de roteiros-guia; a seguir, descrever o contexto e os sujeitos integrantes da pesquisa empírica; na continuidade, apresentar o instrumento utilizado para a coleta dos dados e os resultados obtidos na pesquisa; e, ao final, proceder à análise desses dados.

Atividades Experimentais Metacognitivas

O modelo de AEMc apresentado nos estudos anteriores destacou a necessidade de contemplar etapas, denominadas “pré-experimental”, “experimental” e “pós-experimental”. Em termos metacognitivos, a proposta evidenciou a presença dos questionamentos metacognitivos, considerados orientativos para a evocação do pensamento metacognitivo e presentes ao final de cada etapa da AEMc, conforme destacado por Rosa e Alves Filho (2009). Tais questionamentos, organizados em blocos, foram agregados aos roteiros-guia dos professores e utilizados pelos estudantes durante as atividades.

A primeira etapa da AEMc contempla: momentos pré-teoria, os objetivos, a descrição do material/equipamentos, a formulação de hipóteses e o resgate dos conhecimentos teóricos necessários à atividade. Ao final dessa etapa, inclui-se o primeiro questionamento metacognitivo, referindo-se aos elementos metacognitivos pessoa, tarefa, estratégia e planificação, como forma de proporcionar momentos explícitos de evocação do pensamento metacognitivo nos estudantes. A presença dos elementos metacognitivos fundamenta-se na medida em que oferecem a oportunidade de evocação metacognitiva, conduzindo os estudantes a identificar seus conhecimentos e experiências anteriores, tanto dos conteúdos como da execução da atividade experimental; ainda, a partir dessas identificações e das aquisições de novos conhecimentos, eles podem proceder ao planejamento da atividade experimental.

A etapa seguinte, denominada “experimental”, relaciona-se à execução da tarefa, vinculando-se ao elemento metacognitivo monitoração. A execução de uma atividade experimental significa operar o planejado, testar hipóteses, tendo claro o objetivo almejado, e, normalmente, significa, também, manusear equipamentos. A execução pressupõe um sujeito ativo intelectualmente e engajado com a atividade, capaz de construir seus conhecimentos num processo de interação social. Considerando que, habitualmente, as atividades experimentais são realizadas em grupos de trabalho, isso demanda, além das condições já especificadas: negociação de saberes e de operações com equipamentos, diálogos entre companheiros e com o professor, visualização de possibilidades e confronto de conhecimentos, seja consigo mesmo, seja com seus colegas. A promoção do pensamento metacognitivo inclui momentos de monitoração consciente e permanente das suas ações mediadas pelos conhecimentos. O monitoramento na forma de revisão possibilita que os estudantes estejam atentos a eventuais equívocos. Revisar cada etapa executada permite identificar desvios, tanto em termos do conhecimento envolvido como em relação a questões operacionais. O objetivo é que os estudantes identifiquem se estão no caminho certo e se este caminho os levará a alcançar o objetivo, a testar suas hipóteses.

Como última etapa, a proposta didática desenvolvida destaca o pós-experimental, como fechamento da atividade (conclusão). A proposta é que esta fuja da habitualmente presente no laboratório tradicional, que se destina apenas à apresentação dos resultados. Na nova proposta a conclusão ganha *status* de discussão dos resultados obtidos, representando um momento de construção do conhecimento. Para isso, propõe-se a previsão de ações, de modo a levar o estudante a fomentar seus resultados, interpretando-os, confrontando-os e discutindo-os. Dessa forma, concluir significa retomar o realizado, a fim de identificar possíveis falhas no processo, ou, mesmo, para sintetizar e revisar o realizado. Para essa etapa, o proposto é que se destine um tempo significativo da AEMc, conduzindo-a de modo que os estudantes, geral-

mente já cansados e saturados, sintam-se estimulados e realimentados. Essa interpretação do papel da conclusão mostra sua aproximação com o elemento metacognitivo avaliação, sendo, pois, um momento propício a ele. Avaliar em termos metacognitivos significa revisar as ações executadas a fim de construir o novo, numa reflexão consciente e com propósitos claros de compreensão do conhecimento e de verificação da ação. É, no sentido da palavra, avaliar o que foi feito e como foi feito, a fim de estabelecer um momento metacognitivo de identificação dos caminhos que levaram à compreensão do conhecimento.

Para operacionalizar a proposta sucintamente apresentada, o estudo anterior inferiu a necessidade da elaboração de roteiros-guias, cuja importância reside no fato de que a presença da metacognição no ensino não é comum, tampouco o é nas atividades experimentais. Por conta disso, dois aspectos passam a ser determinantes na aposta por roteiros-guia como suporte didático: primeiro, a possibilidade de proporcionar momentos de parada para que os estudantes retomem suas ações e seus conhecimentos, um “chamar a atenção” que no roteiro-guia torna-se mais efetivo no desenvolvimento da atividade experimental; segundo, ao permitir aproximar o novo modelo de atividade experimental dos frequentemente utilizados pelos professores, cujo distanciamento poderá resultar em dificuldades ou em sua não-utilização por parte destes. Assim, ao propor um roteiro-guia, busca-se facilitar a explicitação dos momentos de evocação do pensamento metacognitivo.

A aposta é por um roteiro-guia pautado nas etapas anunciadas no modelo de AEMc. Os passos apresentados tomam por referência os itens de cada etapa, sofrendo as alterações pertinentes ao conteúdo abordado na atividade experimental. No roteiro-guia proposto, além da presença dos itens, o modelo propõe a inclusão de três Questionamentos Metacognitivos (QM) como forma de evocação explícita do pensamento de mesma natureza, mencionado anteriormente. Esses representam um veículo de interlocução entre os estudantes e seus pensamentos, cuja importância decorre da sua falta de hábito de pensar e, também, da possibilidade de que tais questionamentos venham a se tornar um guia metacognitivo, permitindo sua utilização em diferentes tarefas, inclusive fora do contexto escolar. A inserção dos guias metacognitivos contribui para a organização didática do professor, que os agrega às suas atividades sem necessidade de grandes adaptações para cada tópico em estudo. São guias constituídos de perguntas metacognitivas mais gerais, que podem ser adicionados às atividades experimentais em diferentes conteúdos.

Na proposta elaborada, os questionamentos metacognitivos são divididos em três blocos, definidos de acordo com a necessidade de reflexão diante do andamento da atividade e vinculando-se às etapas apresentadas no modelo de AEMc. Cada questionamento refere-se a um elemento metacognitivo, ou a um conjunto de elementos, conforme descrito no modelo AEMc e exemplificado nas páginas seguintes.

Metodologia

A opção metodológica do estudo o caracteriza como pesquisa qualitativa. Contudo, recorre-se a uma coleta de dados que permite apresentá-los e comentá-los de forma quantitativa, seguida de uma reflexão na qual se busca deduzir e interpretar esses dados à luz do referencial teórico construído, traçando novos caminhos, diante das dimensões teóricas su-

geridas pela leitura do material coletado. Para isso, são estabelecidas categorias e subcategorias de análise, estruturadas de acordo com as componentes e os elementos metacognitivos, respectivamente, considerados atributos do estudo.

A aplicação no contexto escolar do modelo de AEMc ocorreu em uma turma de primeiro ano de uma escola pública de Ensino Médio no município de Passo Fundo/RS. A amostra do estudo constituiu-se por doze estudantes na faixa etária entre 14 e 16 anos, sendo cinco do sexo masculino e sete do sexo feminino. A escola, localizada no centro do município, é frequentada por estudantes oriundos, em sua maioria, de classe média baixa, com significativo percentual de reprovação e evasão durante o ano. De regime semestral, a instituição destina à disciplina de Física dois períodos semanais, voltando-se o conteúdo programático do primeiro ano ao estudo de Mecânica. Nesse contexto, para o primeiro semestre, segundo consta do plano anual da professora titular da turma, estava previsto o estudo dos conceitos de movimento, repouso, trajetória e deslocamento; as grandezas físicas velocidade e aceleração; os movimentos retilíneos de velocidade e aceleração constante; a queda livre e o movimento circular uniforme.

Na instituição, as atividades experimentais são desenvolvidas em turno inverso, sendo considerada uma atividade extracurricular, da qual os estudantes são convidados a participar, não tendo, portanto, a obrigatoriedade de se fazerem presentes. Nesse cenário, selecionou-se uma turma com 35 estudantes, sendo dezesseis do sexo masculino e dezanove do sexo feminino. Por serem voluntários os estudantes que frequentam as atividades extracurriculares, o número de participantes reduz-se de forma significativa, de modo que, nos três encontros da pesquisa, estavam presentes: na primeira atividade, treze estudantes; na segunda atividade, doze estudantes; na terceira atividade, quinze estudantes. Salienta-se que doze desses estudantes participaram das três atividades, motivo pelo qual são considerados os sujeitos da pesquisa, conforme apresentado no início desta seção.

Com a apresentação da proposta aos estudantes, iniciou-se o processo de organização das três AEMc programadas para o estudo. Para tanto, em reunião com a professora da turma, planejaram-se os conteúdos a serem abordados nos três encontros, os quais ficaram assim definidos: na primeira, estudo do movimento retilíneo de velocidade constante; na segunda, construção dos gráficos do MRU; na terceira, estudo da equação da velocidade em um movimento retilíneo de aceleração constante. Cada AEMc foi acompanhada de um roteiro-guia, elaborado especialmente para esses encontros. A execução da aula nos encontros ficou por conta de um dos pesquisadores, que, no momento, desempenhou a função de professora desse grupo de estudantes. Em cada encontro, os estudantes foram organizados em pequenos grupos de trabalho, assim permanecendo nas três atividades experimentais.

Coleta dos dados e resultados

Para a coleta dos dados, contou-se com quatro observadores, devidamente treinados pelos pesquisadores para proceder ao preenchimento da ficha de observação nos grupos de trabalho. O treinamento buscou orientá-los sobre como e o que observar, enfatizando os comportamentos que indicariam possibilidade de ser de natureza metacognitiva. O objetivo era amenizar as limitações dessa ferramenta e, também, instrumentalizar os observadores. O treino ocorreu em duas situações: a primeira, pela explanação da pesquisadora sobre os obje-

tivos da pesquisa, os referenciais teóricos deste estudo, a apresentação da ficha de observação e a discussão de como relacionar as ações dos estudantes com os itens da ficha de observação; a segunda ocorreu pela realização de uma atividade experimental de forma a simular a ação dos estudantes e as possíveis manifestações a serem identificadas como metacognitivas.

A elaboração da ficha de observação é descrita em Rosa (2011) e decorre do estabelecimento dos aspectos a serem investigados durante as atividades experimentais, centrados nos seis elementos metacognitivos tidos como atributos deste estudo. A construção da ficha considera esses seis elementos identificados com as ações dos estudantes no desenvolvimento das atividades experimentais. A inferência dessas ações toma por referência as atividades clássicas presentes no laboratório didático no Ensino Médio, caracterizado pela presença de roteiros, de estudantes distribuídos em pequenos grupos, de equipamentos didáticos disponíveis nos grupos de trabalho e processo dirigido total ou parcialmente pelo professor.

Com a identificação das possíveis ações dos estudantes, traçou-se um paralelo de como tais comportamentos poderiam ser indicativos da presença do pensamento metacognitivo, sobretudo em termos dos elementos metacognitivos. O detalhamento de como ocorreu o processo de transposição das ações dos estudantes em identificação de comportamentos de natureza metacognitiva (indicativos de evocação do pensamento metacognitivo), e desses em itens da ficha de observação pode ser obtido em Rosa (2011). Contudo, é preciso destacar que, em termos das manifestações metacognitivas, o pretendido está em detectar comportamentos dos estudantes que sejam indicativos da presença do pensamento metacognitivo, mesmo sabendo que, por vezes, comportamentos manifestados e aparentemente identificados como metacognitivos não o são, ou, como menciona White (1990), pode-se estar observando comportamentos decorrentes de outros fenômenos que não a metacognição. Para tanto, definiu-se que são considerados como indicativos de comportamentos metacognitivos os externados por expressões corporais, verbais e/ou escritas, e que estão vinculados aos componentes conhecimento do conhecimento e controle executivo e autorregulador.

Outro aspecto a ser salientado é que pode haver estudantes que não esboçam expressões, mas que estão evocando pensamento de natureza metacognitiva. Esse comportamento intrapessoal e sem caracterização exterior mostra-se complexo de ser identificado, ficando fora do alcance da ficha elaborada, entrando, provavelmente, na estatística das não-manifestações metacognitivas. Acredita-se haver um número reduzido de estudantes com esse tipo de comportamento, uma vez que os sujeitos da pesquisa são jovens, que, normalmente, são expressivos e voluntariosos, característica própria da idade, e que estão realizando atividades que lhes permitem liberdade de ação e diálogo. Mesmo diante dessas limitações, julga-se que a ficha de observação pode oferecer um bom retrato da utilização, pelos estudantes, de seus recursos metacognitivos.

Os itens constituintes da ficha de observação são os apresentados na tabela a seguir, ressaltando-se que, nela, os observadores registravam o grau da manifestação do pensamento metacognitivo de cada estudante observado. Nessa ficha, havia uma escala de registro, com “S” representando “sim”, “D” representando “sim com dificuldades” e “N” representando “não”. Destaca-se, ainda, a possibilidade de “Caso não seja possível visualizar o comportamento do estudante investigado ou esse não se enquadre com as alternativas apresentadas, deixe-a sem assinalar”.

A Tabela 1 corresponde à soma dos resultados obtidos com o registro dos observadores para as AEMc.

Tabela 1. Resultado por item nas três atividades experimentais

Com relação à atividade experimental a ser desenvolvida, o estudante investigado:	AEMc 01 ³			AEMc 02 ⁴			AEMc 03		
	S	D	N	S	D	N	S	D	N
1. Reconhece o conteúdo ou parte dele com relação a aprendizagens anteriores.	8	3	1	8	3	1	8	3	1
2. Apresenta consciência do objetivo a ser atingido e de que conhecimento precisa para respondê-lo	6	4	2	6	4	2	6	4	2
3. Encontra-se motivado para realizar a atividade, fazendo inferências sobre os conhecimentos em estudo e sobre o modo de realizar a atividade.	8	2	2	8	2	2	8	2	2
4. Participa da formulação de hipóteses, retomando seus conhecimentos e confrontando-os com as colocações de seus colegas.	3	6	3	3	6	3	3	6	3
5. Avalia seus conhecimentos em função dos necessários para realizar a atividade.	4	5	3	4	5	3	4	5	3
6. Reconhece suas características pessoais diante das necessárias para a atividade.	7	4	1	7	4	1	7	4	1
7. Estabelece comparações entre ações envolvidas na atividade e outras já realizadas.	1	3	8	1	3	8	1	3	8
8. Discute com seus colegas a estratégia para realizar a atividade, estabelecendo comparações com outras já efetuadas ou, mesmo, com as que seus colegas sugerem.	6	4	2	6	4	2	6	4	2
9. Avalia a estratégia com seus conhecimentos e de seus colegas, ou, mesmo, a avalia em termos dos equipamentos e materiais disponíveis.	7	3	2	7	3	2	7	3	2
10. Planeja as ações tendo como referência seus conhecimentos, a tarefa envolvida e a estratégia a ser utilizada.	8	4	—	8	4	—	8	4	—
11. Leva em consideração, na organização da atividade, as características pessoais e de conhecimento de seus colegas de grupo.	7	5	—	7	5	—	7	5	—
12. Tem clareza de por onde começar a atividade e do caminho a ser trilhado para chegar ao objetivo da atividade.	8	3	1	8	3	1	8	3	1
13. Confronta a ação em execução e o objetivo pretendido.	5	6	1	5	6	1	5	6	1
14. Avalia se os materiais e equipamentos estão de acordo com o planejado.	5	4	3	5	4	3	5	4	3
15. Realiza questionamentos para o grupo se tudo está de acordo com o previsto ou se há problemas não previstos inicialmente.	5	5	2	5	5	2	5	5	2
16. Participa das decisões do grupo, questionando o que está sendo realizado, de forma a revisar as ações executadas, valorizando esta etapa da atividade experimental.	10	1	1	10	1	1	10	1	1
17. Sistematiza os dados coletados tendo em vista a elaboração dos resultados da atividade experimental.	4	2	6	4	2	6	4	2	6
18. Retoma o resultado encontrado, identificando o modo executado e se este permitiu atingir o objetivo e verificar as hipóteses inferidas no início do estudo.	4	7	1	4	7	1	4	7	1
19. Avalia o resultado em termos de possíveis equívocos ou distorções de conhecimento ou operacionais na execução da atividade experimental.	1	4	5	1	4	5	1	4	5
20. Apresenta clareza do conhecimento adquirido com a realização da atividade experimental e dos meios que o levaram a chegar a este conhecimento.	6	5	1	6	5	1	6	5	1

Fonte: Elaborado pelos autores a partir de dados da pesquisa.

³No item 19 dessa atividade experimental, o número de estudantes assinalado na ficha de observação foi dez, pois havia a opção de não assinalar nenhum item da tabela caso o observador julgasse impossível visualizar o comportamento desse estudante, ou se esse não se enquadrasse nas alternativas apresentadas.

⁴Diante da possibilidade de não ser assinalada qualquer alternativa na ficha de observação, nesta atividade experimental a questão 13 ficou com um registro a menos, 11 em vez de 12.

A Tabela 2 ilustra os valores percentuais, agrupando os itens da tabela anterior por elementos metacognitivos. A primeira coluna apresenta esses elementos com a indicação entre parênteses dos itens correspondentes na ficha de observação; as demais colunas expõem os registros percentuais para o total da amostra investigada em cada AEMc.

Tabela 2. Resultado em percentual por elemento metacognitivo

	AEMc 01			AEMc 02			AEMc 03		
	S (%)	D (%)	N (%)	S (%)	D (%)	N (%)	S (%)	D (%)	N (%)
Pessoa (1, 2, 3, 4, 5)	48,33	33,33	18,33	36,67	45,00	18,33	66,67	18,33	15,00
Tarefa (6, 7)	33,33	29,17	37,50	29,17	45,83	25,00	30,00	20,83	4,17
Estratégia (8, 9)	54,17	29,17	16,67	62,50	33,33	4,17	70,83	20,83	8,33
Planificação (10, 11, 12)	63,89	33,33	2,78	63,89	33,33	2,78	66,67	30,56	2,78
Monitoração (13, 14, 15, 16, 17)	48,33	30,00	21,66	45,76	45,76	8,48	66,67	23,33	10,00
Avaliação(18, 19, 20)	32,35	47,06	20,59	22,22	47,22	30,56	69,44	30,56	—

Fonte: Elaborado pelos autores a partir de dados da pesquisa.

Discussão dos resultados

Com base nos dados coletados e apresentados anteriormente, procede-se a sua discussão, conduzida pelas categorias e subcategorias, conforme já mencionado.

Conhecimento do conhecimento

Nesta categoria, encontram-se os dados referentes ao processo de tomada de consciência dos estudantes sobre o que sabem com relação aos seus conhecimentos, mais especificamente, sobre os elementos metacognitivos pessoa, tarefa e estratégia.

O elemento metacognitivo pessoa está relacionado à identificação, pelos estudantes, das características pessoais nas quais eles reconhecem suas convicções sobre si mesmos (mitos, crenças, preconceitos, conhecimentos etc.) e sobre seus colegas. Essas características podem ser identificadas no seu comportamento diante de questões como: identificação do conteúdo em estudo com conhecimentos anteriores; organização de suas ações em função de características pessoais e de seus colegas; avaliação ou retomada de seus conhecimentos, identificando aspectos merecedores de melhoria; respeito e avaliação da opinião de colegas; exposição e discussão de hipóteses para o estudo; interesse pelo conhecimento e pela tarefa envolvida na atividade experimental.

De modo geral, os índices assinalados para a alternativa *sim* nas três atividades experimentais demonstram que os estudantes buscaram identificar, em suas estruturas de pensamento, aquilo que sabiam ou julgavam saber sobre si mesmos, sobre seus conhecimentos e sobre o que seus colegas sabiam. Entretanto, os percentuais ficaram aquém do esperado, evidenciando haver dificuldades para isso; por outro lado, na última atividade, o percentual de 66,67% mostrou-se crescente nessa busca, sugerindo que, com o tempo, provavelmente, os estudantes estarão mais aptos a exercerem essa identificação e retomada.

Analisando os itens da ficha, percebe-se, conforme demonstra a Tabela 1, que o item 3, motivação e interesse pela aula, decaiu da primeira para a última atividade experimental; em contrapartida, a participação dos estudantes na formulação das hipóteses (item 4) mostrou-se significativamente maior. As razões para o decréscimo no item 3 talvez residam no fato de que realizar uma atividade experimental que promova reflexão no pensamento pode ser desagradável para os estudantes, pois se sabe que eles não estão habituados a pensar e que isso pode não ser agradável, pelo menos num primeiro momento. Com o tempo e com a inserção dessa forma de pensamento em outras atividades de aprendizagem, é possível que eles passem a se sentir mais atraídos. O hábito de receber todas as tarefas prontas, sem exigir uma retomada em seus conhecimentos, pode ter sido outro fator que levou a que se reduzissem a motivação e o interesse dos estudantes da primeira para a terceira atividade experimental. Outra justificativa para esse pequeno decréscimo pode estar vinculada à escolha das situações para iniciar a atividade experimental, na forma de pré-teoria contextualizada, visto que, por mais adequadas e proveitosas que sejam, nem sempre representam algo de igual interesse para todos os estudantes, ou seja, o que parece ser instigante para alguns pode não o ser para outros, ou ainda, situações de interesse para o professor podem não o ser para os estudantes. Tal situação parece necessitar de uma maior reflexão na proposta em estudo, visto que a motivação representa um aspecto significativo para a evocação metacognitiva.

A motivação encontra-se relacionada às primeiras definições de Flavell (1976) sobre metacognição, envolvendo as experiências metacognitivas, referindo-se à consciência cognitiva e afetiva que acompanha e pertence a determinada atividade de aprendizagem. Para esse autor, o fato de estar motivado ou não é determinante para que o estudante inicie o processo de tomada de consciência sobre seus conhecimentos. Essa motivação está vinculada tanto ao tema em estudo como à natureza da atividade a ser realizada.

Do exposto sobre o item motivação e interesse, o mais significativo é que, analisando as fichas de observação, percebe-se que o estudante que não se encontra motivado e interessado não manifesta comportamentos associados ao pensamento metacognitivo, corroborando o mencionado por Flavell (1974). Em uma análise mais específica nas fichas de observação, foi possível identificar que, por exemplo, um estudante que recebeu registro negativo para o item motivação e interesse teve, ao longo da ficha, mais onze registros nessa mesma alternativa, oito para a alternativa *sim com dificuldades* e nenhum para a alternativa *sim*. Outro exemplo é o que mostra o estudante que recebeu nove registros *não*, incluindo o de motivação e interesse, onze *sim com dificuldades*, e nenhum registro para a alternativa *sim*. Ou seja, se o estudante não se mostra motivado ou interessado, dificilmente vai realizar a atividade de modo a evocar pensamentos metacognitivos.

Em outra direção, ao se analisar a participação dos estudantes na elaboração das hipóteses (item 4), o índice foi significativamente maior da primeira para a terceira atividade experimental. Na primeira, apenas três (de 12) estudantes receberam registro para a alternativa *sim*, ao passo que, na terceira, o número se elevou para dez (de 12). Essa diferença demonstra que houve participação dos estudantes, ao contrário do observado na fase inicial da AEMc. Essa participação maior na etapa de formulação das hipóteses pode ter decorrido das discussões teóricas apresentadas no início da atividade. O fato de se proporem hipóteses e discuti-las no contexto da aula ratifica a validade de propô-las depois de uma retomada dos conteúdos, permitindo que os estudantes, de posse do conhecimento sobre o conteúdo envolvido e do

objetivo da atividade, se sintam mais à vontade para fazer suas inferências. Segundo Rosa (2011), as hipóteses dentro de um processo construtivista mostram-se fundamentais, evidenciando que, ao serem suscitadas na atividade, levam os estudantes a ativar seus pensamentos, contribuindo para a observação a ser realizada na continuidade da atividade experimental.

Por fim, os índices para a categoria pessoa revelaram que, se o objetivo é provocar uma mudança de pensamento, isso deverá ser realizado lenta e gradualmente; caso contrário, corre-se o risco de provocar desinteresse pela atividade, o que pode representar um entrave à evocação do pensamento metacognitivo. Por outro lado, permitiram visualizar que os estudantes, quando estimulados, participam das atividades, o que parece estar mais relacionado à condução do processo (atividade experimental) do que ao domínio de conteúdos pelos estudantes.

Como segundo elemento metacognitivo investigado, tem-se a tarefa, que se encontra vinculada à abrangência, à influência e às exigências necessárias para a execução da atividade, identificando-se com a natureza da informação e suas exigências. Refletir sobre a tarefa em execução significa retomar experiências anteriores, entendendo a nova como mais fácil ou mais difícil em comparação a outras atividades experimentais já desenvolvidas. Significa, ainda, verificar possíveis dificuldades que poderão se fazer presentes, sinalizando para a necessidade de superá-las, a fim de atingir o êxito esperado na atividade experimental proposta. Essas experiências, obviamente, são de cunho pessoal, mas podem e devem ser compartilhadas no grupo, para que possa haver cooperação e auxílio mútuo.

Em termos das atividades experimentais, a variável tarefa vincula-se à identificação do estudante com o tipo de atividade que será desenvolvida, ou, mesmo, com as informações necessárias para realizar essa atividade. Nas fichas de observação, esse elemento se associava à identificação das características da atividade a ser realizada e às comparações estabelecidas com atividades anteriores (itens 6 e 7, respectivamente). No conjunto dos itens, o percentual esteve abaixo do estimado, a exemplo do elemento pessoa; por outro lado, manteve-se estável da primeira para a terceira atividade, conforme indica a Tabela 2. No item 6, não houve um acréscimo significativo quando comparada a primeira com a terceira atividade, tendo-se um registro de sete (12) para a alternativa *sim* na primeira atividade e oito (12) na terceira; por outro lado, ao se investigar se os estudantes estabelecem comparações entre essa tarefa e outra já realizada, os registros para o *sim* passaram de um (12) para dez (12). Evidentemente, na primeira atividade experimental não havia outra atividade para se comparar, por isso a identificação foi mínima. Nesse sentido, eles poderiam continuar não identificando, mas, ao contrário, procederam a essa identificação, possibilitando inferir que isso foi decorrência da explicitação desse elemento.

A explicitação para essa identificação pode ter sido proporcionada pelas questões do roteiro-guia, que levavam o estudante a retomar atividades passadas, ou, mesmo, pela pergunta explícita realizada no primeiro Questionamento Metacognitivo. No terceiro roteiro-guia, o item relativo a “Pensando como fazer antes de iniciar” conduzia os estudantes a pensarem na atividade já realizada. Para reforçar essa possibilidade, o primeiro Questionamento Metacognitivo perguntava: “Lembram da atividade realizada na aula anterior?”. Os dois momentos podem ter contribuído para que os observadores registrassem como positiva essa possibilidade de evocação do pensamento metacognitivo.

Conforme exposto por Flavell (1976), o reconhecimento da tarefa a ser executada e dos requisitos necessários para tal pertence à tomada de consciência do estudante sobre seus

conhecimentos. Essa identificação da tarefa proporciona-lhe buscar laços com o já realizado em atividades passadas, procurando relacionar os elementos pertinentes entre as atividades. A não-identificação com atividades passadas pode prejudicar a compreensão do novo, pois é no resgate do anterior que este se apoia, o que se refere tanto aos conhecimentos envolvidos na atividade experimental como aos procedimentos a ela inerentes. Assim, salientar esse elemento metacognitivo em uma proposta didática contribui para que a retomada de pré-requisitos seja efetivada pelos estudantes, demonstrando que as experiências pessoais obtidas no passado não podem ser esquecidas; ao contrário, precisam ser ativadas, subsidiando as próximas.

Como último elemento metacognitivo dessa categoria, tem-se a estratégia, que se encontra relacionada ao quando, onde, como e por que aplicar determinadas táticas para realizar uma tarefa. Nesse elemento, o que está em discussão é a maneira como a atividade vai ser desenvolvida, encontrando-se muito próxima da planificação, que integra o controle executivo e autorregulador das ações, mas se diferencia desta por apresentar a peculiaridade de estar vinculada ao conhecimento do sujeito sobre os seus conhecimentos. Nesse elemento, são enquadradas as manifestações relativas: ao reconhecimento pessoal diante do caminho que deverá ser seguido para atingir o objetivo; ao exame do modo de executar a atividade experimental, e ao estabelecimento das comparações entre ações já executadas em outras atividades e as necessárias a esta, incluindo a avaliação dos equipamentos e materiais disponíveis. Esse elemento permite, ao estudante, identificar, em suas estruturas de pensamento, o que sabe sobre a estratégia e qual o seu sentimento em relação a elas, bem como identificar se as escolhas feitas por ele e pelo seu grupo de trabalho estão de acordo com o disponível para tal.

Na comparação percentual entre as três atividades, a estratégia mostrou-se presente de forma mais significativa que os elementos metacognitivos já mencionados. Na primeira, o percentual para o registro de *sim* foi de 54,17%, elevando-se para 70,83% na terceira atividade experimental. Lembrando que, na sondagem, esse elemento aparecia com 8,33%, pode-se dizer que, a princípio, houve evocação do pensamento metacognitivo nessa fase e, ainda, que ela atuou de forma progressiva da primeira para a terceira atividade experimental.

Na ficha de observação, este elemento é avaliado em dois itens (8 e 9), conforme indicado na Tabela 2, os quais mostraram um crescimento da primeira para a terceira ficha. O item 8 obteve seis (12) registros para a alternativa *sim* na primeira atividade e nove (12) na terceira; já o item 9 para a mesma alternativa obteve sete (12) na primeira e oito (12) na terceira atividade experimental. Esses números mostram que, a partir do momento em que a estratégia passou a ser explicitada no roteiro-guia, seja pelos seus itens (passos), seja pelo Questionamento Metacognitivo, passou a fazer parte das ações dos estudantes. Além disso, e como era esperado, houve um significativo crescimento da primeira atividade para a terceira, revelando que a reincidência parece ser a saída para tornar os estudantes mais estratégicos metacognitivamente em suas aprendizagens.

A respeito dos resultados apresentados, cabe mencionar que os roteiros-guia utilizados nas três AEMc não favoreceram, aos estudantes, a possibilidade de discutirem outras estratégias, limitando-se suas inferências à proposta neste roteiro. Contudo, se as opções já feitas de antemão dificultaram que este elemento metacognitivo fosse evocado durante a atividade experimental, há as questões explicitadas no primeiro *Pit stop*, que deveriam remeter os estudantes a refletirem sobre a estratégia proposta e avaliarem se os equipamentos e materiais disponíveis estavam de acordo com a atividade a ser executada.

A evocação desse elemento é considerada, na literatura (FLAVELL; MILLER; MILLER, 1999), como um dos indicativos de autonomia na aprendizagem, uma vez que anuncia a busca do estudante por reconhecer, em sua estrutura cognitiva, o caminho que melhor lhe permita obter êxito na atividade proposta. Esse reconhecimento lhe confere uma autonomia de escolha e decisão mesmo num trabalho em grupo, como nas atividades experimentais. Quando o estudante tem consciência do caminho que melhor lhe convém para compreender a atividade, pode participar das discussões do grupo, expondo seu ponto de vista e seus questionamentos. Nesse caso, a exposição da forma de pensamento de um estudante pode contribuir para a aprendizagem dos outros, conforme vem sendo demonstrado por estudos na área de metacognição (exposição oral do pensamento pelos *experts*). Essa exposição oral, igualmente, pode permitir que os colegas reflitam sobre a forma de pensar daquele que a expõe (grupo), apontando-lhe possíveis distorções.

Dessa forma, ao discutirem com seus colegas sobre a melhor estratégia para se atingir o objetivo (cognitivo) e ao avaliarem os equipamentos e materiais necessários para isso, os estudantes estarão manifestando um pensamento metacognitivo.

Por fim, o importante do elemento metacognitivo estratégia é que promova, no estudante, uma reflexão sobre a forma de executar a atividade experimental, ativando, em seu pensamento, questões que o levem não apenas a identificar o caminho, como, também, a reconhecer as razões das escolhas desse caminho. Tais razões estão na identificação pessoal com uma ou outra estratégia e na negociação dos estudantes com seus parceiros, definindo a estratégia mais adequada para responder ao objetivo cognitivo.

Controle executivo e autorregulador

Nesta categoria, encontram-se os dados referentes ao processo de gestão da atividade experimental e ao modo como os estudantes conduziram o processo; mais especificamente, refere-se aos elementos metacognitivos planificação, monitoração e avaliação.

Diferentemente das subcategorias anteriores, cujo centro estava na reflexão pessoal (depois compartilhada) dos estudantes, a planificação mostra-se de caráter mais cooperativo, no modo como eles procedem à execução da atividade experimental, segundo o identificado em termos de seus conhecimentos. A planificação refere-se a um planejamento conjunto no grupo de trabalho das ações a serem realizadas, vinculando-se a aspectos específicos de gestão durante a atividade experimental.

A planificação é responsável pela previsão de etapas, avaliação das estratégias selecionadas em relação à finalidade e aos resultados da ação, fixando metas sobre como se proceder para realizar a ação. Segundo Brown (1987), o planejamento é estabelecido a partir do momento em que se conhece o problema ou a atividade a ser realizada, por isso, é importante a discussão do procedimento antes de se iniciar a atividade.

Conforme descrito, a planificação se confunde, por vezes, com a estratégia, visto que ambas discutem questões relacionadas às ações, as quais devem, nas estratégias, ser identificadas com os conhecimentos dos estudantes, e, na planificação, ser delineadas pelo estudante diante da tarefa a ser executada. O elemento metacognitivo estratégia representa a identificação do sujeito em face dos seus conhecimentos quanto ao modo de proceder, e a planificação refere-se ao traçado de como fazer isso. Mesmo que, na teoria, tais elementos sejam distingui-

veis, na prática, fica difícil delimitar um e outro. Assim, ao se identificar uma estratégia para realizar a atividade experimental, de certa forma, se está discutindo sobre como executar a atividade, o que é representado pela planificação.

Nesse elemento, são enquadradas manifestações dos estudantes relativas: à organização de suas ações ou participação na organização do grupo, levando em consideração seus conhecimentos, aqueles necessários para a atividade, as características de seus companheiros, o tipo de tarefa e a estratégia a ser realizada; ao planejamento da ação e à distribuição das atividades, verificando do que dispõe e o que será necessário para atingir o objetivo; à apresentação de clareza de entendimento da atividade, de como realizá-la e do que será preciso para isso.

Os resultados da ficha de observação apontaram a sua presença desde a primeira atividade, mantendo uma regularidade, nas três atividades, nos percentuais para a alternativa *sim*, conforme mostra a Tabela 2. Em termos mais específicos, os três itens da ficha que avaliaram esse elemento metacognitivo revelaram pequenas oscilações entre a primeira e a última atividade, ficando o mais expressivo por conta do item 11, ao avaliar se os estudantes levavam em consideração, no momento de organizar suas ações, as características pessoais e as de seus colegas. Na primeira atividade, a alternativa *sim* recebeu sete (12) registros e, na última, dez (12), mostrando que os estudantes podem se tornar mais propensos a essa identificação com o tempo e considerar suas características e as dos colegas no momento de planejar suas ações.

Em termos das atividades experimentais, o planejamento mostra-se essencial, sendo a porta de entrada da sua execução. Planejar, entretanto, não se restringe a organizar as ações executivas operacionais, mas, *sim*, envolve organizar os conhecimentos necessários para a realização da atividade. Nesse sentido, o modelo de atividade experimental proposto neste estudo mostra-se promissor, levando a que os estudantes estabeleçam suas planificações antes da execução, possibilitando-lhes identificar o que será realizado e o que é preciso fazer. Na comparação com o modelo tradicional (sondagem), a planificação mostra-se como um elemento novo, visto que praticamente inexistia na sondagem (alternativa *sim* com nenhum registro). Ao se identificar que, na última atividade experimental, a alternativa *sim* recebeu registro de 66,67% e, na fase de sondagem, índice zero, evidencia-se que o modelo favorece a planificação. A análise da alternativa *não* também chama a atenção e corrobora o inferido, pois, na sondagem, recebeu registro de 91,67% e, na terceira atividade experimental, 2,78%.

O segundo elemento metacognitivo desta segunda categoria é a monitoração executiva, que representa a aquisição de informação sobre os processos de pensamento da pessoa durante uma atividade, envolvendo decisões sobre a tarefa a ser executada, sobre como a está executando, sobre os progressos obtidos, sobre o processo de evolução dessa execução e se lograrão êxito dessa forma. É uma avaliação do pensamento durante o fazer, permitindo regular a ação executiva e o processo de construção do conhecimento.

Esse elemento metacognitivo se encontra associado: aos comportamentos dos estudantes em termos da execução da atividade, de forma a retomar o objetivo e o planejamento, verificando se há equívocos de conhecimentos ou, mesmo, desvios operacionais; ao reconhecimento da etapa de execução da atividade como parte fundamental dela e que necessita ser efetuada com cuidado; à retomada das estratégias, a fim de verificar sua pertinência em relação à execução da atividade experimental; ao controle ativo da ação e dos conhecimentos envolvidos, e à organização dos dados coletados, tendo em mente do que precisará para obter os resultados finais da atividade experimental.

Analisando as fichas de observação, percebe-se que, no item 14 – referente ao fato de os estudantes avaliarem os equipamentos e materiais disponíveis diante das necessidades da atividade –, o número de registros para a alternativa *sim* aumentou de cinco (12), na primeira atividade, para onze (12) na última. Isso demonstra que os estudantes passaram a se envolver mais com a atividade, conseqüentemente, tomando consciência de como precisavam proceder diante do que deveriam fazer. Entretanto, estudantes confrontam a ação em execução com o objetivo pretendido, tendo sido os registros para a alternativa *sim* cinco (12) na primeira atividade experimental e seis (12) na terceira.

Mesmo que a monitoração tenha recebido, no âmbito total dos itens, um elevado percentual positivo, salienta-se que aspectos como o exposto referente ao item 13 chamaram a atenção durante o desenvolvimento das atividades experimentais. A dificuldade para monitorar a ação foi perceptível em seu desenvolvimento, podendo estar relacionada à falta de hábito dos estudantes, ou, mesmo, ao posicionamento do Questionamento Metacognitivo ao final da execução do procedimento. O fato é que os estudantes apresentam dificuldades de monitorar suas ações, o que parece ter persistido mesmo diante do novo modelo de AEMc proposto.

Quanto ao fato de que, nas fichas de observação, a monitoração aparece assinalada positivamente pelos observadores, julga-se que isso decorre do momento em que eles procederam a seus registros, muito provavelmente durante o Questionamento Metacognitivo II. Esse questionamento, sendo incluído após a execução da atividade (coleta dos dados), dificulta que os estudantes se deem conta da importância de monitorar de modo paralelo a sua execução.

Flavell, Miller e Miller (1999), ao lembrarem a importância de monitorar as ações, enfatizam que esse processo não deve ser cansativo demais para os estudantes, porque prejudica o andamento da tarefa. É um erro, segundo os autores, pensar que, ao se monitorar cada passo exaustivamente, se estará contribuindo para a aprendizagem. Flavell (1979, p. 910, tradução nossa) chama a atenção para isso, mencionando: “Pensem no transtorno obsessivo, irresponsável, paralisado pela avaliação crítica incessante de seus julgamentos e decisões”. Outro aspecto que Flavell (1979) enfatiza é a proximidade da monitoração com as experiências metacognitivas, mostrando que, no decorrer de uma tarefa, os estudantes podem ter lampejos momentâneos de incerteza ou frustração, levando-os a rever suas ações.

Entretanto, e mais próximo dos resultados obtidos para esta subcategoria, pode-se dizer que ela se constitui na chave para o êxito nas atividades experimentais, uma vez que é pelo acompanhamento das ações que os estudantes conseguem prever possíveis distorções ou equívocos frequentemente presentes nessas atividades, sobretudo na tomada de dados ou na observação dos fenômenos físicos. Esse é um processo de conscientização do que está sendo realizado em relação ao pretendido, o qual busca manter o rumo da tarefa, evitando a identificação, somente ao final da atividade, de algo que poderia ter sido detectado e corrigido anteriormente. Esse é, enfim, o momento em que o estudante demonstra que está compreendendo o que faz e que tem conhecimento sobre a atividade em estudo.

O último elemento metacognitivo em estudo foi a avaliação, que representa a etapa final de uma atividade experimental, tendo por objetivo verificar se os estudantes entenderam o realizado e os meios que adotaram para chegar a ele; se conseguem compreender este resultado e, ainda, se o resultado encontrado responde ao objetivo do estudo.

Esse elemento metacognitivo envolve manifestações de comportamento, como: o estabelecimento de confronto do resultado encontrado com as hipóteses estabelecidas e com

o objetivo do estudo; avaliação do resultado encontrado, de modo a identificar possíveis falhas no processo; retomada do realizado quando necessário, a fim de refletir sobre o modo como foi feito; conscientização sobre a importância de se adotar uma atitude crítica com relação aos resultados adquiridos e de ter clareza do conhecimento adquirido com a atividade experimental realizada.

Na primeira atividade, a alternativa *sim* foi assinalada para esse elemento com um percentual de 32,35%; na terceira, aumentou para 69,44%, demonstrando a crescente evolução proporcionada pelo modelo de atividades experimentais. O resultado mostra que o modelo é promissor em termos de evocação desse elemento metacognitivo, sendo favorecido pelo modo como foi estruturado na organização dos roteiros-guia.

Os itens 18, 19 e 20 foram os que avaliaram esse elemento metacognitivo. O item 18, ao investigar se os estudantes retomam o resultado identificando o modo como executaram, verificando as hipóteses e o objetivo da atividade, obteve quatro (12) registros para a alternativa *sim* na primeira atividade e nove (12) na última. O item 19, ao investigar se eles avaliam possíveis equívocos ou distorções na atividade, obteve registro para a alternativa *sim* de um (12) na primeira atividade e sete (12) na última. No item 20, ao se avaliar se os estudantes apresentavam clareza da atividade realizada e do conhecimento envolvido, o registro para a alternativa *sim* foi de seis (12) na primeira e nove (12) na última. Tais resultados confirmam ter havido um crescimento na efetivação desse modo de pensamento.

A avaliação representa o momento de rever o executado e de ponderar sobre os resultados; seu caráter metacognitivo revela a necessidade de que, ao final, o estudante não apenas avalie seus conhecimentos cognitivos, respondendo ao objetivo da atividade, mas retome e identifique a estrutura que o levou a compreender e a executar a atividade. É o momento de identificar e retomar o que foi feito. Nesse sentido, as atividades experimentais foram organizadas de modo a proporem aos estudantes uma revisão e uma identificação em suas ações dos seus pensamentos; contudo, os índices de registro para a alternativa *sim* indicam que sua efetivação ainda parece ser pequena, carecendo do desenvolvimento de uma cultura para isso entre eles.

Particularmente, chama a atenção o item 19, ao investigar se os estudantes, diante de possíveis equívocos ou erros, retomam a atividade experimental. Na primeira atividade experimental, apenas um estudante obteve registro na alternativa *sim*, demonstrando que a maioria não tem o hábito de retomar o realizado, de discutir os “erros” cometidos e identificar as suas causas. São erros que podem estar vinculados tanto à compreensão do conhecimento como a equívocos na operação da atividade ou equipamento, representando possibilidades de aprendizagem, pois atuam como avanços, progressos e redefinição das ações. É a busca pela clareza do objeto do conhecimento.

Com relação à importância do erro e de sua identificação, destaca-se que, na escola, o erro é considerado como passível de punição e penalização, levando a que os estudantes o vejam como fonte de embaraço ou punição, ao invés de fonte potencial de aprendizagem. Além disso, os métodos sistemáticos de prevenção e correção de erros são raramente ensinados, seja na escola, seja na vida. Desse modo, as atividades experimentais podem atuar como possibilidade de mostrar que o erro, seja como equívoco de conhecimento, seja decorrente de operação do equipamento, tem seu valor para a aprendizagem, desde que seja retomado e discutido.

Nessa linha, Reif e Larkin (1991, p. 753, tradução nossa) lembram que, na escola, os estudantes apresentam comportamentos decorrentes de suas construções cotidianas, mencionando que, quando

[...] cometem erros de princípios inaplicáveis ou elaboram erroneamente princípios pertinentes, frequentemente atribuem tais erros a deslizes por descuido. Assim, eles veem poucas razões para examiná-los com cuidado, bem como aprender com eles e ajudar a evitar erros semelhantes no futuro.

A atitude dos estudantes diante dos erros precisa ser retomada pelo professor, considerando-os como uma possibilidade de aprendizagem. O erro precisa levar a novas construções, que, por sua vez, podem ser favorecidas pela identificação da forma como o pensamento foi estabelecido, ou seja, um processo metacognitivo.

Nesse sentido, revela-se que é na avaliação que os estudantes mostram ter aprendido ou não, podendo proceder a uma autoavaliação dos conhecimentos adquiridos, tanto em termos do modo de realizar a atividade experimental como dos saberes específicos. Esse processo se identifica com a tomada de consciência sobre os mecanismos utilizados e as modalidades de pensamento que possibilitaram a elaboração do conhecimento, conduzindo a que sejam transferidos a novas situações de aprendizagem. Por certo, representa uma das situações mais significativas da aprendizagem em Física, identificada com a possibilidade de transferir os novos conhecimentos a situações diferentes das que originaram a sua construção.

Avaliar significa rever o realizado, a fim de identificar os caminhos que permitiram chegar até ali. Com esse intuito é que esse elemento precisa ser explicitado para os estudantes e integrado à organização dessas atividades. A evocação de um pensamento metacognitivo, no sentido de revisar, de confrontar resultados com os propósitos iniciais, representa a possibilidade de consolidação de um processo de qualificação da aprendizagem.

Ao findar esta análise dos dados coletados com as fichas de observação, percebe-se que o modelo de AEMc elaborado e testado neste estudo mostra-se pertinente, porém sua efetivação como mecanismo de ativação do pensamento metacognitivo dos estudantes resulta de outras questões, que vão além da explicitação por parte do professor, mas, conjuntamente com ela, compõem as ações metacognitivas que favorecerão a evocação do pensamento metacognitivo nos estudantes. Essa rápida reflexão, cuja discussão prossegue nas considerações finais, remete a uma outra já inferida nas considerações iniciais, relacionada aos ganhos cognitivos dos estudantes num processo didático guiado pela metacognição. Desde o apresentado naquela seção, enfatiza-se que este não é o objetivo do presente estudo, pois qualquer proposta de alteração de pensamento demanda um tempo significativo e, dificilmente, condiz com o previsto para uma pesquisa. Entretanto, mesmo sabendo dessa dificuldade, voltou-se à escola para avaliar os estudantes que haviam participado do estudo, tanto em termos da realização de uma nova atividade experimental metacognitiva como em termos dos conhecimentos específicos relacionados à Física.

Considerações finais

De maneira geral, com base nas respostas fornecidas pelas fichas de observação, é possível inferir que o modelo de AEMc é pertinente à possibilidade de que os estudantes evoquem o pensamento metacognitivo durante a realização dessas atividades. Entende-se o termo “pertinente” como viável, possível ou favorável para estabelecer momentos de evocação desse pensamento, dele fazendo uso, a fim de lograr benefícios para a aprendizagem. Os resultados identificados como relevantes podem ser sintetizados no que segue.

O fator motivação parece ter sido o responsável por aproximar ou afastar o estudante do desenvolvimento da atividade experimental e, por conseguinte, da possibilidade de evocar o pensamento metacognitivo. Os registros foram enfáticos ao evidenciarem essa relação, pois os estudantes que não se mostraram motivados no início da atividade, igualmente, não esboçaram manifestações capazes de serem identificadas como evocação do pensamento metacognitivo. Portanto, a motivação precisa ser considerada na evocação do pensamento metacognitivo, e, ainda, no caso das atividades experimentais, é preciso avaliar que estas, por si só, não são motivadoras para todos os estudantes.

A formulação de hipóteses assumiu papel relevante no modelo de AEMc, pois possibilitou que os estudantes recuperassem, em sua estrutura cognitiva, conhecimentos e experiências passadas, característicos do pensamento metacognitivo. As hipóteses atuaram como fundamentais para estimular a construção dos novos conhecimentos e para estabelecer um sentimento em relação a esse saber ou à tarefa a ser realizada.

Ainda, os resultados das fichas de observação apontaram que o fato de serem explicitadas as estratégias, bem como o procedimento a ser utilizado, não inibe as manifestações de evocação do pensamento metacognitivo para esses elementos, ao contrário do que se poderia cogitar. Isso mostra que, em uma atividade experimental, o ato de explicitar o procedimento não impede que os estudantes realizem processos de busca em sua estrutura cognitiva, ativando seu pensamento metacognitivo. A questão é que, enquanto no modelo tradicional o procedimento aparece como algo estanque, com passos bem definidos, no novo modelo ele dialoga com os estudantes, buscando levá-los à identificação do porquê de proceder de uma ou de outra maneira.

A avaliação atuou como retomada de conhecimentos, mostrando a importância de se verificar o que fora realizado, identificando e averiguando as escolhas feitas e as razões dessas escolhas. Foi o momento da tomada de consciência sobre os mecanismos utilizados e as modalidades de pensamento que possibilitou a elaboração do conhecimento, conduzindo a que sejam transferidos a novas situações de aprendizagem.

Os resultados revelados pelas fichas são complementados pela observação durante a aplicação das três AEMc, que, embora não seja considerada um instrumento de coleta de dados propriamente dito, mostrou-se profícua, conforme exposto no item relacionado à prática da AEMc no contexto escolar. Das observações pode-se destacar que a monitoração da ação e do pensamento é algo complexo para os estudantes. O ato de monitorar a si próprio revelou-se como um grande desafio para os estudantes, ainda que os registros dos observadores não tenham apontado essa dificuldade como um fator significativo. Percebeu-se, claramente, que os estudantes, ao receberem o equipamento didático, sentiam-se instigados a realizar a atividade, representando algo difícil (tortuoso!) respeitar o tempo de chegar a sua execução.

Tal fato se intensificava no momento de executar o procedimento, relegando a um plano secundário a questão de monitorar e revisar o percurso. O imediatismo dos estudantes e a falta de autocontrole comprometem diretamente a potencialidade da AEMc, pois, conforme se procurou mostrar neste estudo, para lograr êxito nessas atividades é preciso destinar um tempo significativamente grande às etapas anterior e posterior à execução do procedimento. Por tudo isso, conscientizar os estudantes de que o melhor método consiste em, primeiro, entender o que deverá ser feito para, só depois, executar a ação, representa uma árdua tarefa para os professores.

Ainda em razão desse imediatismo, a etapa pós-experimental (conclusão) chamou a atenção, sobretudo na fase de viabilidade, em cujas duas primeiras atividades os estudantes limitaram suas participações a responder ao proposto pelo roteiro-guia, pouco participando do momento final de explanação dos resultados. Entretanto, na última AEMc, o envolvimento foi significativamente maior, demonstrando que a persistência do professor para a apreciação dessa etapa constitui a saída para que os estudantes passem a valorizá-la.

Para concluir esta investigação, deixa-se o convite, aos colegas pesquisadores e professores do Ensino Médio, para a elaboração de novas propostas didáticas envolvendo momentos explícitos de evocação do pensamento metacognitivo. Acredita-se na importância e na necessidade de se aplicarem os resultados nessa área do conhecimento, especialmente os empíricos. E, ainda, é preciso que a escola auxilie seus estudantes na tarefa de pensar o que se sabe e como se sabe, deixando de ser apenas um local onde se adquirem os conhecimentos historicamente construídos pelo homem, oferecendo-lhes a oportunidade de cada um conhecer a sua maneira de pensar e de aprender!

Referências

- ALVES FILHO, J. P. **Atividades experimentais: do método à prática construtivista**. 2000. 370 f. Tese (Doutorado em Educação) – Centro de Ciências da Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.
- BRANSFORD, J.; BROWN, A.L.; COCKING R.R. **How people learn: brain, mind, experience and school**. Washington: National Academy Press for National Research Council, 1999.
- BROWN, A. L. Knowing when, where, and how to remember: a problem of metacognition. In: GLASER, R. (Ed.). **Advances in instructional psychology**. Hillsdale: Lawrence Erlbaum, 1978. v. 1. p. 77-165.
- _____. Metacognition, executive control, self-regulation, and other more mysterious mechanisms. In: WEINERT, F. E.; KLUWE, R. H. (Ed.). **Metacognition, motivation and understanding**. Hillsdale: Lawrence Erlbaum, 1987. p. 65-116.

- CAMPANARIO, J. M.; OTERO, J. C. Más allá de las ideas previas como dificultades de aprendizaje: las pautas de pensamiento, las concepciones epistemológicas y las estrategias metacognitivas de los alumnos de ciencias. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 18, n. 2, p. 155-169, 2000.
- CHI, M. T.; GLASER, R.; REES, E. Expertise in problem solving. In: STERNBERG, R. J. (Ed.). **Advances in the psychology of human intelligence**. Hillsdale: Lawrence Erlbaum, 1982. v. 1. p. 7-75.
- CHI, M. T. et al. Self-explanations: how students study and use examples in learning to solve problems. **Cognitive Science**, Hoboken, v. 13, n. 2, p. 145-182, 1989.
- FLAVELL, J. H. The development of inferences about others. In: MISCHEL, T. (Ed.). **Understanding other persons**. Oxford: Basil Blackwell and Mott, 1974. p. 66-116.
- _____. Metacognitive aspects of problem solving. In: RESNICK, L. B. (Ed.). **The nature of intelligence**. Hillsdale: Lawrence Erlbaum, 1976. p. 231-236.
- _____. Metacognition and cognitive monitoring: a new area of cognitive-developmental inquiry. **American Psychologist**, Washington, v. 34, n. 10, p. 906-911, 1979.
- FLAVELL, J. H.; WELLMAN, H. M. Metamemory. In: KAIL, R. V.; HAGEN, J. W. (Ed.). **Perspectives on the development of memory and cognition**. Hillsdale: Lawrence Erlbaum, 1977. p. 3-33.
- FLAVELL, J. H.; MILLER, P. H.; MILLER, S. A. **Desenvolvimento cognitivo**. 3. ed. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 1999.
- LARKIN, J. H. The role of problem representation in physics. In: GENTNER, D.; STEVENS, A. L. (Ed.). **Mental models**. Hillsdale: Lawrence Erlbaum, 1983. p. 75-98.
- MOREIRA, M. A.; GRECA, I. M. Cambio conceptual: análisis crítico y propuestas a la luz de la teoría del aprendizaje significativo. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 9, n. 2, p. 301-315, 2003.
- OGBORN, J. A vulgar science curriculum. In: _____; JENNISON, B. (Ed.). **Wonder and delight: essays in science education in honor of the life and work of Eric Rogers**. London: Institute of Physics Publishing, 1994. p. 19-29.
- REIF, F.; LARKIN, J. H. Cognition in scientific and everyday domains: comparison and learning implications. **Journal of Research in Science Teaching**, Hoboken, v. 28, n. 9, p. 733-760, 1991.
- ROSA, C. T. W. **A metacognição e as atividades experimentais no ensino de física**. 2011. 346 f. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.
- ROSA, C. T. W.; ALVES FILHO, J. P. A dimensão metacognitiva na aprendizagem em física: relato das pesquisas brasileiras. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, Vigo, v. 8, n. 3, p. 1117-1139, 2009.

ROSA, C. T. W.; ALVES FILHO, J. P. Ensino de física e metacognição: proposta didática para as atividades experimentais. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 8., 2011, Campinas. **Atas...** Disponível em: <<http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/viiiienpec/resumos/R0883-1.pdf>>. Acesso em: 28 jan. 2014.

WHITE, R. T. Metacognition. In: KEEVES, J. P. (Ed.). **Educational research, methodology and measurement**: an international handbook. Oxford: Pergamon, 1990. p. 70-75.