

## Análise das Habilidades e Atitudes na Aprendizagem Significativa Crítica de Fenômenos Físicos no Contexto das Séries Iniciais

### Analysis of Skills and Attitudes in the Critical Meaningful Learning on Physical Phenomena in Primary School

 Arthur Philipe Cândido Magalhães<sup>1</sup>

 Jesus Angel Meneses Villagrà<sup>1</sup>

 Ileana María Greca<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Burgos, Facultad de Educación, Departamento de Didácticas Específicas, Burgos, España.  
Autor correspondente: [meneses@ubu.es](mailto:meneses@ubu.es)

**Resumo:** Este trabalho apresenta resultados parciais de uma pesquisa de doutorado em andamento realizada nas séries iniciais cujo propósito é analisar o desempenho dos estudantes quanto às habilidades e atitudes desenvolvidas durante o estudo do conceito de calor e seus efeitos para produzir mudanças de estados nas substâncias. O estudo foi realizado por meio de abordagem qualitativa, com objetivo descritivo-explicativo, adotando como procedimento o estudo de caso. Foram coletados dados sobre habilidades e conhecimentos científicos desenvolvidos pelos estudantes do terceiro ano, nas diferentes etapas da Metodologia da Indagação utilizada, fundamentada na Teoria da Aprendizagem Crítica Significativa. Os resultados mostram evidências de que as atividades dessa metodologia possibilitam maior motivação e interesse para o estudo da ciência, expansão do vocabulário científico da criança, aquisição de novos conceitos, além de favorecer as possibilidades de interação social, o uso de questionamento e a compreensão de alguns procedimentos necessários em pesquisa científica.

**Palavras-chave:** Ensino de física; Calor; Ensino das séries iniciais; Aprendizagem significativa crítica; Metodologia da indagação.

**Abstract:** This paper presents partial results of an ongoing doctoral research, carried out in primary schools, and its purpose is to analyze students' performance regarding skills and attitudes developed during the study of the concept of heat and its effects to produce state changes in substances. The study was conducted through a qualitative approach, with a descriptive and explanatory objective, adopting the case study as a procedure. Data were collected on the skills and scientific knowledge developed by third-graders, in the different stages of the Methodology of Inquiry used, based on the Theory of Meaningful Critical Learning. The results show evidence that the activities based on this methodology allow greater motivation and interest for the study of science, expansion of the child's scientific vocabulary, acquisition of new concepts, besides favoring the possibilities of social interaction, the use of questioning and the understanding of some necessary procedures in scientific research.

**Keywords:** Physics teaching; Heat; Primary school; Critical meaningful learning; Inquiry-based methodology.

Recebido em: 13/02/2019

Aprovado em: 26/08/2019



## Introdução

Em uma perspectiva teórica, em tempos atuais, exige-se que o processo de formação do indivíduo crítico perpassasse uma dimensão significativa e crítica na qual o objetivo seria desenvolver progressivamente uma compreensão duradoura acerca dos fenômenos estudados, e também promover o desenvolvimento de um cidadão crítico e participativo nas questões atuais. Isso impõe desafios ao professor que busca oferecer esse tipo de formação aos seus estudantes (MOREIRA, 2011b).

Esse processo educativo deve proporcionar aos indivíduos condições para que reflitam sobre o conhecimento a respeito da sociedade em que vivem, de forma crítica e necessária tanto para compreendê-la quanto para nela intervir de forma consciente e responsável. Trata-se, pois, de uma educação cujos estudantes não aceitem passivamente a apresentação do conhecimento.

No que se refere ao ensino de ciências nas séries iniciais, espera-se que o contexto educacional favoreça a aprendizagem não só dos conceitos como também das habilidades, atitudes e procedimentos científicos (HARLEN, 2006, 2010, 2013; MARTÍ, 2012; WARD *et al.*, 2010). Por isso, o espírito científico deve ser estimulado desde a infância (MARTÍ, 2012).

Nessa linha de raciocínio, o ensino deve proporcionar ao estudante condições para ter maior responsabilidade com sua própria aprendizagem, participação ativa, colaborativa e interativa, capacidade de lidar com o conhecimento como algo provisório, aprendendo a não aceitar passivamente as novas ideias sem reflexão, mas a questioná-las e aprender que o conhecimento se inicia pelas perguntas que fazemos acerca da realidade (AUSUBEL, 2003; MOREIRA, 2011a, 2011b; MOREIRA; MASSONI, 2016).

Mediante o exposto, optou-se por um referencial com sólido embasamento teórico e com uma metodologia coerente com uma educação que vise ao engrandecimento humano, à liberdade e não à opressão, comprometida com o desenvolvimento e a emancipação dos sujeitos para que percebam e compreendam um mundo novo e possam atuar de maneira responsável em suas problemáticas (NOVAK, 2011; NOVAK; GOWIN, 1999).

Este artigo se propõe analisar, fundamentado na Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica associada à metodologia da indagação, o desempenho dos estudantes no uso de habilidades e atitudes científicas para a aprendizagem da ideia de calor como fator responsável pelas mudanças de estado físico.

## Marco Teórico

O processo de ensino visa essencialmente à aprendizagem. Nesse sentido, constitui-se como atividade-meio que favoreça não só a aprendizagem significativa como também sua dimensão crítica (MOREIRA, 2011a). Isso implica a escolha de metodologias e recursos que atendam aos objetivos de aprendizagem e, de forma mais ampla, a concepções psicológicas e epistemológicas da aprendizagem (AUSUBEL, 2003; LEMOS, 2011; MOREIRA, 2011a).

Para aprender significativamente, é necessário que o sujeito queira relacionar seus conhecimentos prévios com o novo conhecimento a fim de gerar um produto provisório e pessoal da ideia que está estudando (AUSUBEL, 2003; AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1978; LEMOS, 2011; MOREIRA, 2006; MOREIRA, MASINI, 2001).

Destaca-se nesse processo o papel do aprendiz quando ele assume sua responsabilidade de aprender ativamente, busca integrar conhecimentos novos aos que já possui, não recusa o esforço por atividades mais difíceis esperando somente pelo professor e, por fim, quando decide fazer as perguntas necessárias a respeito do que não compreende (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1978).

Já o enfoque da Aprendizagem Significativa Crítica (ASC) visa à superação de um saber transmitido por um saber construído coletivamente, pois pressupõe, por parte do professor, o abandono da narrativa, o ensino centrado no aluno e seu papel mediador e, por parte do estudante, ter participação ativa, curiosidade, compromisso e interação, aprender a ser crítico(a), aceitar a crítica e fazer uso de diversas estratégias e recursos que possibilitem a discussão, o diálogo e a negociação de significados entre si (MOREIRA, 2011b, 2011c).

Para Moreira (2011a, 2011b), o professor deve proporcionar um ambiente de diálogo e interação que possibilite aos estudantes expressar suas indagações, seus conhecimentos prévios, as percepções e os significados pessoais que construíram, além de utilizar diversos materiais e múltiplas estratégias para aprender.

Com vistas à facilitação de uma aprendizagem significativa crítica, destacam-se alguns princípios, ideias ou estratégias. Cada princípio apresentado a seguir se converte em um tipo de aprendizagem necessária para a sobrevivência nos dias atuais, visto que, sendo *tempos de mudanças rápidas e drásticas, a aprendizagem deve ser não só significativa, mas também subversiva* (MOREIRA, 2011a, 2011b, 2011c). De acordo com esses autores, os princípios, essenciais para a ASC são:

1. Aprender que aprendemos a partir do que já sabemos (*Princípio do conhecimento prévio*);
2. Aprender e ensinar perguntas ao invés de respostas (*Princípio da interação social e do questionamento*);
3. Aprender a partir de distintos materiais educativos (*Princípio da não centralidade do livro de texto*);
4. Aprender que somos perceptores e representantes do mundo (*Princípio do aprendiz como perceptor/representador*);
5. Aprender que a linguagem está totalmente implicada em qualquer e em todas as tentativas humanas de perceber a realidade (*Princípio do conhecimento como linguagem*);
6. Aprender que o significado está nas pessoas, não nas palavras (*Princípio da consciência semântica*);
7. Aprender que o ser humano aprende corrigindo seus erros (*Princípio da aprendizagem pelo erro*);
8. Aprender a desaprender, a não usar conceitos e estratégias irrelevantes para a sobrevivência (*Princípio da desaprendizagem*);
9. Aprender que as perguntas são instrumentos de percepção e que definições e metáforas são instrumentos para pensar (*Princípio da incerteza do conhecimento*);
10. Aprender a partir de distintas estratégias de ensino (*Princípio da não utilização do quadro de giz*);
11. Aprender que simplesmente repetir a narrativa de outra pessoa não estimula a compreensão (*Princípio do abandono da narrativa*). (MOREIRA, 2011a, 2011b, 2011c).

Embora a compreensão desses princípios e sua utilização no ambiente educativo sejam essenciais à aprendizagem significativa crítica, ocorre-nos refletir sobre uma maneira de conduzir o ensino de forma a garantir que essas maneiras de aprender sejam implementadas em sala de aula. É nesse sentido que se buscou pensar em uma didática que tenha aproximação com a compreensão do ato de aprender significativamente e de maneira crítica.

Nesse sentido, uma metodologia de ensino com características coerentes à ASC é a metodologia da indagação, que surgiu justamente com a finalidade de se opor a um ensino meramente transmissivo, no qual o estudante seja sujeito de sua aprendizagem e tenha participação efetiva na construção do seu conhecimento.

Essa metodologia tem inúmeros enfoques (BRASIL, 1997; BYBEE, 2015; BYBEE *et al.*, 2006; CARVALHO, 2016; HARLEN, 2006, 2010, 2013; MARTÍ, 2012; ZABALA, 1998), contudo, a maioria deles tem como eixo central um ensino permeado pela experimentação e pelo estudo de questões científicas.

Há nessa metodologia uma ênfase no questionamento, na análise de dados e no pensamento crítico (USA, 1996). Por isso, desenvolve aspectos importantes, como (1) o entendimento conceitual; (2) habilidades e atitudes para investigação científica; e, (3) a compreensão dos procedimentos da ciência (HARLEN, 2006, 2010, 2013; MARTÍ, 2012; WARD *et al.*, 2010).

Tanto os princípios da Teoria da ASC como a Metodologia da Indagação destacam uma nova postura do professor, do aluno e da relação dele com a matéria de ensino, ou seja, com o objeto do conhecimento. Isso implica que os estudantes desenvolvam habilidades, como questionamento, observação, medição, formulação de hipóteses, previsões, planejamento de investigações, interpretação de dados, obtenção de conclusões, comunicação de resultados e reflexão pessoal sobre o uso de procedimentos.

Com base nesses fundamentos teóricos, optou-se por desenhar um modelo didático que pudesse relacionar os princípios para uma aprendizagem significativa crítica com a metodologia da indagação utilizando as etapas temporais do pensamento destacadas por Ausubel, Novak e Hanesian (1978) e o movimento do ato de aprender (indagação, ação e reflexão) discutidas por Freire e Faundez (1998) e Freire (1996). O Quadro 1 apresenta as etapas de estudo desenhadas com base nos referenciais construídos.

**Quadro 1** – Etapas temporais do pensamento inter-relacionadas com as etapas da sequência didática

Movimento do ato de aprender	Etapas temporais do pensamento: processo psicológico	Etapas do estudo
Indagação	1. Estado de dúvida; 2. Identificação do problema;	1. Apresentação da situação-problema e discussão da indagação científica;
Ação	3. Relacionamento do problema à estrutura cognitiva e às soluções de problemas previamente alcançadas;	2. Formulação de hipóteses
	4. Comprovação sucessiva das hipóteses e reformulação do problema, se necessário;	3. Desenho experimental; 4. Realização do experimento, coleta, organização de dados e análise;
Reflexão	5. Incorporação da solução obtida à estrutura cognitiva (compreendê-la) e sua posterior aplicação ao problema à mão e a outros tipos de problema semelhantes.	5. Elaboração da conclusão e expressão do conhecimento; 6. Consolidação do conhecimento.

Fonte: elaborado pelos autores.

A sequência didática delineada inicia-se com a (1) apresentação da situação-problema. Em seguida ocorrem o (2) levantamento de hipóteses e a (3) proposição de um desenho experimental. Depois, a (4) realização do experimento, a coleta, organização dos dados e análise. Após, (5) a conclusão e expressão do conhecimento oralmente, por meio de desenho e/ou produção textual. Para finalizar, (6) comparação das hipóteses iniciais com os dados e aplicação dos conhecimentos adquiridos a outras situações por meio de uma atividade de consolidação.

## **Metodologia**

Esta pesquisa foi realizada com características de abordagem qualitativa, objetivo descritivo-explicativo e adotando procedimentos de estudo de caso (SAMPIERI; COLLADO; LÚCIO, 2006; MOREIRA, 2011b). O universo da pesquisa foi constituído de 15 estudantes do 3.º ano, com faixa etária entre 8 e 12 anos do Ensino Fundamental de uma escola da rede municipal de Boa Vista, em Roraima (RR), que foram codificados por E1 a E15, utilizando como Instrumentos de Coleta de dados (ICDs) uma ficha de avaliação formativa de habilidades e atitudes, a observação participante e a produção escrita dos participantes.

A unidade de análise, no procedimento de estudo de caso, foi a avaliação formativa do desempenho dos estudantes (habilidades e atitudes) durante as etapas do processo investigativo a respeito do conceito de calor para as transformações de estados físicos, com ênfase nos conceitos de evaporação e condensação.

Cabe destacar que o desenho didático foi voltado para as séries iniciais e, por isso, discutiram-se os aspectos macroscópicos desse conteúdo científico, que integrou aspectos da vivência cotidiana, conteúdo científico adequado à faixa etária e relação com o currículo de ciências da natureza, embora no ano da aplicação não houvesse qualquer conteúdo específico a ser abordado no cronograma letivo.

Os encontros foram realizados em seis momentos, no período de duas semanas, em virtude da atividade de consolidação, em que se fez necessária a utilização dos espaços externos da instituição.

Foi desenhado um instrumento de coleta de dados para análise do desempenho que se deu por meio do preenchimento de uma ficha avaliativa a partir da observação do participante e dos registros (desenhos explicativos) realizados pelos estudantes. A ficha apresentou as categorias (etapas do estudo) e as variáveis qualitativas (perguntas) e foi observada considerando os seguintes aspectos: (1) não realiza a ação; (2) realiza em parte; (3) realiza a ação; e (4) realiza a ação acima das expectativas.

**Quadro 2** – Ficha de avaliação formativa para verificar o desempenho dos estudantes

<b>Categorias – aspectos individuais</b>	<b>Variáveis qualitativas</b>
<b>Motivação</b>	Demonstra motivação e curiosidade para o estudo?
1. Identificar, compreender e /ou levantar problemas	Determina o estado de dúvida e tem consciência da dificuldade apresentada na questão inicial?
	Identifica o problema e o alvo que se quer alcançar, a resposta que se espera obter?
	Elabora perguntas a respeito do problema?
2. Elaborar hipóteses explicativas	Ativa as ideias prévias da estrutura cognitiva e relaciona as perguntas da situação-problema?
	Levanta hipóteses explicativas?
	Faz previsão com base nas hipóteses levantadas?
3. Construir um estudo ou desenho experimental	Elabora/Constrói uma proposta de estudo ou experimento?
	Prevê os materiais necessários?
	Prevê os materiais necessários?
4. Realizar o estudo ou experimento, coleta e organização dos dados, análise e comunicação dos resultados	Observa atentamente os procedimentos para realização do experimento?
	Faz uso da observação e da medição para buscar os dados?
	Extrai os dados do experimento e realiza a organização nas tabelas?
	Realiza a interpretação dos dados para obter conclusões válidas com base nas provas encontradas no estudo/experimento?
	Determina e relaciona as causas e consequências ocorridas no experimento?
	Constrói e apresenta uma resposta para o objetivo do problema inicial?
	Incorpora na estrutura cognitiva a nova ideia aprendida, bem como a estratégia adotada para a solução do problema?
	Expressa por meio oral e escrito as etapas do estudo/experimento?
	Aplica a nova ideia e a estratégia de estudo a outras situações-problema do cotidiano?
<b>Categoria – aspectos coletivos</b>	<b>Variáveis qualitativas</b>
<b>Atividade em grupo</b>	Coopera com os demais durante o estudo?
	Compartilha ideias com os colegas?
	Respeita as ideias e opiniões dos participantes?
	Demonstra responsabilidade durante a atividade?

Fonte: elaborado pelos autores.

## Resultados e Discussões

### Etapas e Descrição do Ensino para a Aprendizagem Significativa Crítica

A avaliação formativa considerou o processo de aprendizagem significativa crítica associado à metodologia da indagação. O quadro 3 a seguir descreve a sequência de estudo.

**Quadro 3 – Etapas do ensino para a aprendizagem significativa crítica**

Etapas metodológicas	Etapas do ensino para a aprendizagem significativa crítica
<b><i>Avaliação diagnóstica da aprendizagem</i></b>	Os estudantes não estavam familiarizados com essa metodologia, o que implicou que deveriam aprender cada ação a ser executada, pois no contexto da amostra havia uma centralidade do livro didático e do ensino expositivo. Quanto ao conhecimento científico, percebeu-se a falta de conhecimentos prévios estáveis e uma compreensão dos processos de vaporização-condensação não adequada à perspectiva científica. Além disso, os alunos, principalmente pela idade e pelo contexto, tinham pouca familiaridade com palavras e termos científicos.
<i>1ª etapa: Apresentação da situação-problema e discussão da indagação científica</i>	Apresentou-se uma situação-problema baseada na seguinte indagação científica: Por que uma substância evapora e quais fatores influenciam esse processo? Em seguida, buscou-se a identificação e compreensão do problema e se esperava que expressassem as ideias prévias e percebessem as perspectivas dos demais. Depois, discutiu-se em grupo os elementos conhecidos e desconhecidos, incentivou-se a expressão de perguntas sobre o que não compreenderam ou a elaboração de outras questões relacionadas, além de ajudá-los a reconhecer a necessidade da cooperação para a busca da solução do problema.
<i>2ª etapa: Formulação de hipóteses</i>	Por questionamentos, buscou-se ajudá-los a mobilizar ideias e conhecimentos prévios de forma que pudessem levantar, emitir e discutir em grupo hipóteses explicativas na tentativa de dar uma resposta ao problema. Em seguida, incentivou-se que percebessem que a variedade de hipóteses faz com que não devamos aceitar passivamente as respostas iniciais, mas buscar questioná-las e testá-las quando possível. Por questionamentos, buscou-se ajudá-los a mobilizar ideias e conhecimentos prévios de forma que pudessem levantar, emitir e discutir em grupo hipóteses explicativas na tentativa de dar uma resposta ao problema. Em seguida, incentivou-se que percebessem que a variedade de hipóteses faz com que não devamos aceitar passivamente as respostas iniciais, mas buscar questioná-las e testá-las quando possível.
<i>3ª etapa: Desenho experimental</i>	Com a relação entre o conhecimento prévio e o problema, buscou-se levá-los a fazer previsões a partir do planejamento em grupo de um desenho experimental que pudesse testar as hipóteses. Nesse sentido, propôs-se que compreendessem quais variáveis seriam observadas, os materiais utilizados, o tempo e os possíveis resultados. Foi necessário levá-los a reconhecer os múltiplos procedimentos e instrumentos e a pluralidade de formas para encontrar a solução do problema além do livro didático.
<i>4ª etapa: Realização do experimento, coleta e organização de dados e análise</i>	Na atividade experimental, dividiram-se os participantes em quatro grupos, nos quais cada um separou uma quantidade específica da substância (água) já estabelecida em uma tabela, verificando a temperatura dela e registrando os dados iniciais. O professor submeteu as quatro quantidades, em recipientes diferentes, ao calor resultante da queima do gás no fogão da cozinha da instituição, e os estudantes observaram da janela. Após os minutos especificados na tabela, o professor colhia amostras para verificar a temperatura. A negociação de significados com o docente foi essencial para que a linguagem científica começasse a ser adotada e aprendida pelos estudantes, implicando a consciência do conhecimento como linguagem. Como variáveis, analisaram com a mediação docente a temperatura, o tempo de aquecimento, a quantidade e as mudanças ocorridas na substância para responder a questões que os levassem a conclusões do estudo, a registrar os dados na tabela e a descrever a experiência e os resultados por meio de desenhos explicativos. Por fim, buscou-se favorecer a “incerteza” mediante o questionamento dos dados e instrumentos científicos e sua relação com as hipóteses.
<i>5ª etapa: Conclusão</i>	Realizou-se a interpretação dos dados para obter conclusões válidas com base nas evidências encontradas, ajudando a interrogar as provas, discutindo o que consideraram como “evidências”, questionando as observações, compreendendo o papel das conclusões coletivas e dos acordos intersubjetivos. Isso implicou perceber que tanto os significados iniciais quanto finais a respeito da ideia de calor relacionada ao processo de vaporização-condensação são pessoais, embora haja uma perspectiva científica que explique o fenômeno. Para finalizar, realizou-se uma reflexão do processo de aprendizagem levando em consideração os conhecimentos prévios e a relação destes com as novas informações aprendidas e a expressão do conhecimento.
<i>6ª etapa: Consolidação do conhecimento</i>	Nesta etapa, consolidaram-se os conceitos estudados por meio de um vídeo e outra atividade experimental com foco no esclarecimento de dúvida quanto ao conteúdo “condensação”. Foram realizados questionamentos, como: Que fatores contribuíram para vaporização da água? Qual a relação do calor com a vaporização? Houve variação da temperatura durante o aquecimento da substância? Que variações foram essas? É possível estabelecer uma escala a partir da variação de temperatura?

Fonte: elaborado pelos autores.

## Análise da Avaliação Formativa: Aspectos Individuais

Os resultados e discussões foram realizados levando em consideração os aspectos individuais e coletivos, bem como as etapas do estudo realizado após a aplicação de um organizador prévio e a primeira sequência didática.

### *Motivação para o Estudo*

Verificamos que 14 dos 15 alunos estavam motivados e demonstraram curiosidade durante o desenvolvimento das seis sessões do processo de investigação. Acredita-se que, ao incentivar a participação, a manipulação e a observação de objetos e fenômenos, a coleta de dados e o trabalho em grupo fizeram com que eles se interessassem mais em aprender novos conhecimentos. Isso ficou comprovado tanto pelas observações realizadas quanto pelas perguntas orais utilizadas na avaliação do estudo.

Além disso, os estudantes que apresentavam dificuldades de aprendizagem e em outras disciplinas não participavam ativamente, ao serem submetidos a esse tipo de ensino, demonstraram maior interesse, participação e compromisso com a própria aprendizagem, reforçando as ideias discutidas por Bybee (2015), Bybee *et al.* (2006), Carvalho (2016), Harlen (2006, 2010), e Martí (2012).

### *Primeira Etapa: Identificar, Compreender e/ou Levantar Problemas*

Na primeira categoria, buscou-se verificar se os estudantes conseguiam identificar, compreender e/ou levantar problemas durante a sequência didática proposta. A Tabela 1 a seguir apresenta os resultados da avaliação.

**Tabela 1** – Resultados das variáveis da primeira etapa de estudo: identificar, compreender e/ou levantar problemas

Questão (variáveis)	Frequência e Porcentagem	Ação			
		Não realiza	Realiza em parte	Realiza (sim)	Realiza acima das expectativas
Determina o estado de dúvida e tem consciência da dificuldade apresentada na questão inicial?	f %	6 40		9 60	
Identifica/entende o problema e o alvo que se quer alcançar, a resposta que se espera obter?	f %	6 40		9 60	
Elabora perguntas a respeito do problema?	f %	6 40	1 6,7	5 33,3	3 20

Fonte: elaborada pelos autores.

Como explicar que frequências iguais correspondem a percentagens diferentes? Com relação a verificar se os estudantes conseguiram determinar o estado de dúvida e consciência da dificuldade, 60% deles conseguiram estar atentos e perceberem a dificuldade em explicar o fenômeno da vaporização como um dos efeitos do calor, mas não souberam responder inicialmente à questão.

Quanto à identificação do problema e ao levantamento de questões, que são habilidades fundamentais para o processo investigativo, os resultados demonstraram que 60% dos participantes identificam o problema. Já com relação à capacidade de elaborar perguntas relacionadas ao estudo, percebeu-se que 40% não foram capazes de expressá-las. Os que conseguiram realizar essa tarefa resultam em frequência de resposta de 33,3%, além dos que conseguiram com a mediação do professor.

A dificuldade de levantar questões por parte da amostra pode ter relação com o contexto em que se encontravam, pois (1) não estavam familiarizados com esse tipo de metodologia, e (2) a rede de ensino adotava como metodologia a aula expositiva, seguindo rigorosamente aulas com o livro didático.

É fundamental que o ensino esteja centrado no estudante, que ele seja ativo no processo, tendo o docente como mediador de um ambiente que favoreça a interação onde os alunos falem, perguntem, dialoguem e o professor fale menos. Deve-se buscar no ensino a utilização de diversas estratégias na qual os sujeitos possam aprender a perguntar, negociar significados, aprender a ser críticos e aceitar a crítica conforme defendido por Moreira (2006, 2011a, 2011b).

Embora se perceba a dificuldade da amostra para a elaboração de perguntas pela pouca familiaridade com esse tipo de atividade, cabe ressaltar que a sequência desenhada possibilitou espaço para que os próprios estudantes elaborassem suas perguntas com ou sem a mediação do professor. Para Moreira (2011a, 2011b), aprender a interagir e a fazer uso do questionamento constitui um princípio essencial para uma aprendizagem significativa crítica.

### *Segunda Etapa: Elaborar Hipóteses Explicativas*

Nesta etapa, os participantes tiveram oportunidade de compreender qual conhecimento prévio tinham a respeito do que iam estudar à medida que analisavam a situação-problema, bem como relacionar essas ideias aos novos conhecimentos que surgiriam. Isso implicou aprender a partir do que sabemos, como destaca Ausubel, Novak e Hanesian (1978), Ausubel (2003) e Moreira (2006, 2011b).

**Tabela 2** – Resultados das variáveis da segunda etapa de estudo

Questão (variáveis)	Frequência e Porcentagem	Ação		
		Não realiza	Realiza em parte	Realiza (Sim)
Ativa as ideias prévias da estrutura cognitiva e relaciona as perguntas da situação-problema?	f	6	2	7
	%	40	13,3	46,7
Levanta hipóteses explicativas?	f	6	1	8
	%	40	6,7	53,3

Fonte: elaborada pelos autores.

Os resultados apontam que mais da metade dos participantes teve dificuldade em apresentar e/ou expressar suas ideias prévias, considerando os que não conseguiram, com uma frequência de resposta de 40%, somado a um percentual de 13,3% que se refere àqueles que em parte realizaram a ação com a mediação docente. Por outro lado, um total de 46,7% conseguiu realizar e demonstrou ativar e relacionar suas ideias com a pergunta, embora a resposta que eles apresentaram não fosse condizente com a perspectiva científica a respeito do fenômeno.

Já em relação à possibilidade de levantar hipóteses explicativas, 40% apresentaram dificuldade em realizá-la. Os demais, mesmo realizando a ação, expressaram explicações, embora não condizentes com a ideia da ciência, tendo em vista a falta de conhecimentos prévios estáveis acerca do tema.

As hipóteses explicativas expressas do que ocorreu com a substância submetida ao calor utilizavam o termo *evaporação*. Contudo, os estudantes não conseguiram explicar o que é evaporação e a mudança de fase. Para a maioria, a substância (líquida) submetida ao calor *evaporaria*, *desapareceria* ou *sumiria*, ou seja, na compreensão dos estudantes, a água deixaria de existir. Todavia, apenas dois alunos nessa etapa se referiram ao vapor ou à fumaça.

### *Terceira Etapa: Construir um Estudo ou Desenho Experimental*

A primeira dificuldade nesta etapa foi a compreensão de palavras como: desenho experimental, materiais, resultados, previsão, hipótese e problema, pois, neste contexto, a investigação de iniciação científica a essa faixa etária não era do conhecimento da amostra. Foi necessário que o pesquisador pudesse explicar e mediar esse processo de elaboração.

**Tabela 3** – Resultados das variáveis da terceira etapa de estudo

Questão (variáveis)	Frequência e Porcentagem	Ação			Realiza acima das expectativas
		Não realiza	Realiza em parte	Realiza (Sim)	
Elabora/constrói uma proposta de estudo ou experimento?	f	6	3	6	
	%	40	20	40	
Levanta hipóteses explicativas?	f	7	2	6	
	%	46,7	13,3	40	

Fonte: elaborada pelos autores.

Cabe destacar que o estudo da indagação científica proposta possibilitou aprender uma linguagem específica do conhecimento científico adequada aos anos iniciais do ensino fundamental. Moreira (2011b) enfatiza que, para compreender um conhecimento ou um conteúdo, é indispensável conhecer a linguagem da área que se vai aprender. E, para que ocorra uma aprendizagem significativa crítica, é fundamental perceber a linguagem do conhecimento.

Ainda em análise, durante a mediação, percebeu-se que um percentual de 40% conseguiu expressar uma proposta, porém não coerente para testar as hipóteses. Nas respostas, apresentaram alguns materiais necessários e resultados que não condiziam com a perspectiva científica, como: E5: [...] *Podemos colocar a água no fogão e ela vai evaporar. No sol, ela só esquentar*; E10: [...] *A água pode secar e queimar*; E6: [...] *Ir ao refeitório e colocar um chá no fogão e ver em quantos minutos o chá seca*.

As respostas demonstraram que os estudantes usaram como parâmetro os elementos da própria história apresentada a eles e não foi elaborado qualquer desenho experimental com materiais diferentes.

#### *Quarta Etapa: Realização do Estudo ou Experimento, Coleta e Organização dos Dados, Análise e Comunicação dos Resultados*

Na análise 1, quanto ao entendimento conceitual, durante a realização da atividade experimental, percebeu-se claramente o estado de dúvida que se gerou entre os participantes para explicar o que aconteceu com a água que vaporizou. O calor, como fator responsável pela mudança de estado físico, foi compreendido de maneira mais geral, mas, quanto à compreensão da água no estado gasoso, os participantes ainda diziam que ela não existia mais.

Somente com a realização de outro experimento, com foco no processo de condensação, na etapa de consolidação, conseguiram superar a ideia que tinham e integrar à estrutura cognitiva uma nova ideia. Essa situação apresentou resultados satisfatórios quanto à curiosidade, à interação e ao questionamento por parte dos mesmos.

A dificuldade para compreender esse fenômeno se deu justamente por não haver um referente concreto que os ajudasse a observar o estado gasoso, a não ser o vapor. É por essa razão que os participantes aventaram que a água deixaria de existir. Foi comum perceber em suas falas que a palavra *água* se referia somente ao líquido. Para eles, vapor e gelo não eram a mesma coisa que água líquida, mas algo em que ela se transformava.

Nessa análise, atividades investigativas não visam a 'depositar' na cabeça dos estudantes os conceitos, mas problematizá-los. Fazê-los perceber a necessidade de criticar as evidências e não ter o conhecimento como algo pronto e acabado (MOREIRA, 2011a, 2011b). A atividade experimental e a reflexão crítica dos dados possibilitou perceberem que a substância não deixa de existir ao mudar de fase, mas passa a outro estado de agregação molecular. Isso implica aprender a lidar com os erros e com a incerteza do conhecimento.

Segundo Espinoza (2010), as transformações ocorridas na água submetida ao calor não apresentam elementos que possam ajudar os estudantes a constatar que a substância continua a mesma, mesmo em estados de agregação diferentes. Por essa razão, é provável que pensem no vapor como algo diferente de água, além de se referirem ao estado líquido utilizando o termo *água*. Todavia, somente atividades experimentais podem ajudar os estudantes a construir conceitos como o da conservação da matéria, nas transformações de estado, que dificilmente aprenderiam espontaneamente sem uma intervenção planejada.

Nesse raciocínio, os dados demonstram que os experimentos foram essenciais para: (1) superar as dificuldades de compreensão das mudanças de estados físicos, principalmente relacionadas à vaporização-condensação; (2) superar a ideia que os estudantes tinham de que o ensino deveria ocorrer por meio do livro didático; (3) perceber o calor como responsável pela mudança de estado físico, e, à medida que a substância foi submetida a ele, sua temperatura aumentava. Contudo, os participantes tiveram dificuldade em compreender que, após o aquecimento, a substância perde calor, e, por isso, sua temperatura diminui, pois a maioria afirmou que a substância havia perdido temperatura.

Na análise 2, quanto às habilidades durante as atividades experimentais, evidenciou-se a dificuldade dos estudantes em observar atentamente as causas e os efeitos, recolher os dados e organizá-los nas tabelas, analisá-los, concluir e expressar o conhecimento. A Tabela 4 a seguir apresenta os resultados iniciais desta etapa.

**Tabela 4** – Resultados das variáveis da quarta etapa de estudo: parte 1

Questão (variáveis)	Frequência e Porcentagem	Ação		
		Não realiza	Realiza em parte	Realiza (Sim)
Observa atentamente os procedimentos para a realização do experimento?	f	6	2	7
	%	40	13,3	46,7
Faz uso da observação e da medição para buscar os dados?	f	6	9	
	%	40	60	
Extrai os dados do experimento e realiza a organização nas tabelas?	f	6	9	
	%	40	60	
Realiza a interpretação dos dados para obter conclusões válidas com base nas provas encontradas no estudo/experimento?	f	6	9	
	%	40	60	

Fonte: elaborada pelos autores.

Durante a atividade, verificou-se que mais da metade dos participantes, um percentual de 53,3%, teve dificuldade em mobilizar sua atenção para observar o experimento. Compreendeu-se que esse resultado pode ter sido consequência de a atividade nesta etapa ser conduzida pelo professor. Já na parte em que eles manipularam os materiais, houve maior concentração. Outro aspecto que contribuiu para que alguns se dispersassem foi a falta de espaço na sala de aula.

Com relação à observação e à medição para extrair dados e organizá-los na tabela, foi necessária a mediação do docente ou de colegas mais experientes, pois um terço dos alunos da amostra apresentava alguma dificuldade de aprendizagem ou estava em processo de alfabetização.

Ao se buscar registrar na tabela de estudo a quantidade de substância (litro/mililitro), o tempo de aquecimento (hora/minuto), utilizar o termômetro e refletir a respeito de uma escala que registra a variação de temperatura, bem como a diferença dos resultados iniciais e finais, promoveu-se a possibilidade de utilização de habilidades matemáticas relacionadas às unidades de medida. Alguns estudantes também questionaram se a aula era de ciências ou de matemática, possibilitando ampliar conceitos relacionando o termo e negociar significados a respeito do uso da matemática em diversas áreas do conhecimento.

Quanto à interpretação dos dados para obter conclusões válidas, um total de 60% conseguiu expressar algum tipo de informação com relação às perguntas efetuadas, enquanto 40% não conseguiram responder, mesmo com a indagação do professor.

Quando se solicitou que elaborassem e expressassem como os resultados do experimento poderiam explicar o problema inicial, um percentual de 40% não respondeu, 13,3% apresentaram alguma resposta, mas nada relacionado aos resultados.

Já um percentual de 46,7% conseguiu expressar oralmente que o calor foi responsável pela vaporização da substância, embora se tenha percebido que, mesmo utilizando a palavra *calor*, ainda o associaram ao fogo. Destes, somente 33% disseram que o calor foi responsável pela variação da temperatura. Embora tenham compreendido que houve uma mudança de estado físico, ainda apresentaram dificuldade de compreensão da substância no estado gasoso.

**Tabela 5** – Resultados das variáveis da quarta etapa de estudo: parte 2

Questão (variáveis)	Frequência e Porcentagem	Ação		
		Não realiza	Realiza em parte	Realiza (Sim)
Determina e relaciona as causas e consequências ocorridas no experimento?	f	6	9	
	%	40	60	
Constrói e apresenta uma resposta para o objetivo do problema inicial?	f	6	2	7
	%	40	13,3	46,7
Incorpora na estrutura cognitiva a nova ideia aprendida, bem como a estratégia adotada para a solução do problema?	f	6	2	7
	%	40	13,3	46,7
Expressa por meio oral e escrito as etapas do estudo/experimento?	f	5	2	8
	%	33,3	13,3	53,3

Fonte: elaborada pelos autores.

Quanto à incorporação na estrutura cognitiva da nova ideia aprendida e da estratégia didática, um percentual de 46,7% demonstrou que conseguiu ancorar as ideias aprendidas durante o experimento. Inclusive em aulas posteriores, percebeu-se que utilizavam palavras aprendidas nesse estudo. Notou-se ainda a compreensão da estratégia para solucionar e/ou responder à questão problema. Já 53% ainda demonstraram dificuldade de expressar a compreensão, seja oralmente ou por escrito.

Cabe ressaltar que a linguagem facilita a solução de problemas assim como facilita a aquisição de conceitos (AUSUBEL; HANESIAN; NOVAK, 1978). No que se refere à representação das palavras, elas facilitam os processos de transformação que intervierem no pensamento. É a aquisição da linguagem (neste caso, científica) que dá condições para que os sujeitos no seu desenvolvimento adquiram, seja através da aprendizagem por recepção ou por descobrimento, uma gama de conceitos e princípios que não se poderia descobrir individualmente (AUSUBEL, 2003).

Com relação à expressão do conhecimento por meio oral, 33,4% dos estudantes não souberam explicar oralmente o conhecimento aprendido; 13,3% explicaram algumas ideias, mas com pouca clareza, e dos 53,3% que conseguiram dar alguma explicação, 20% expressaram suas ideias com ajuda, e o restante (33,3%) expressou claramente seu entendimento, embora com dificuldades conceituais.

Quanto à expressão do conhecimento por meio de ilustração e texto, 40% desenharam as etapas do experimento, porém não apresentaram qualquer explicação do procedimento realizado. Já 13,3% desenharam e escreveram algum dos procedimentos. Os demais (46,7%), além de ilustrar, apresentaram algum procedimento ou explicaram o que aconteceu após o tempo de aquecimento da substância. Contudo, nenhum participante apresentou uma explicação do que efetivamente ocorreu, ou seja, a vaporização em função da transferência de calor, mas somente descreveram, passo a passo, o experimento.

### **Análise da Avaliação Formativa: Aspectos Coletivos**

Buscou-se também avaliar algumas atitudes dos estudantes principalmente relacionadas à interação social durante o grupo de estudo. O primeiro foi referente à *cooperação*, no qual se observou que aproximadamente um terço dos alunos demonstrava cooperação e realizava a ação espontaneamente, sem a necessidade de mediação do professor, demonstrando satisfação. Outra terça parte cooperava com os colegas à medida que o professor solicitava que ajudassem, porém, não demonstrava satisfação na execução, e o terço restante apresentava dificuldade de aprendizagem e, por isso, pouco ajudava os demais.

Com a atitude de *compartilhar ideias*, 6,7% demonstraram realizar a ação acima das expectativas, 40% com facilidade em expressar suas ideias ao grupo, 20% com a mediação do professor, à medida que passava pelos grupos, e 33,3% não conseguiam compartilhar. Aprender a negociar significados e fazer uma reflexão coletiva com auxílio do professor foi fundamental para que pudessem aprender como realizar os acordos intersubjetivos realizados no grupo para chegar a uma conclusão comum.

Quanto a demonstrar *respeito pelas ideias e opiniões* dos colegas, evidenciou-se que 86,7% dos participantes realizaram a ação mesmo em parte ou quando não concordavam com colegas. Já 13,3% demonstraram um respeito parcial, à medida que o pesquisador intervinha.

### **Considerações Finais**

Os resultados da avaliação formativa permitiram considerar que a motivação e a curiosidade gerada por esse tipo de abordagem, em contrapartida ao ensino expositivo, é essencial ao compromisso do estudante para com a sua aprendizagem. Isso demonstra que as atividades em que há participação intensa dos estudantes em grupo, descentralização das aulas do livro didático e uso da experimentação promovem maior interesse e compromisso com a aprendizagem em ciências da natureza.

A dificuldade dos alunos em compreender a dinâmica de trabalho da metodologia utilizada foi evidenciada, naturalmente, porque foi a primeira vez que eles trabalharam de acordo com suas etapas e estavam muito acostumados ao ensino tradicional expositivo. Por isso, há necessidade de promover na escola uma gama de atividades investigativas para que aprendam progressivamente as habilidades necessárias à investigação, as atitudes científicas, bem como uma compreensão dos procedimentos da ciência. Nesse sentido, a mediação docente é fundamental para direcionar os procedimentos que os estudantes das séries iniciais devem aprender a realizar. Isso implica ajudá-los a compreender não somente como realizar as ações, mas também questionar o porquê delas.

Cabe destacar que as atividades experimentais são indispensáveis para que os estudantes possam: (1) compreender conceitos relacionados aos efeitos do calor para mudança de estados da matéria; (2) ampliar a capacidade de compreensão e crítica e não decorar respostas prontas; (3) ampliar e utilizar vocabulário científico relacionado a calor, temperatura, aos termos referentes a mudanças de estados físicos, condições para aquisição de novos conceitos; (4) relacionar seus conhecimentos prévios com os novos conhecimentos; e (5) estabilizar ideias fundamentais para a aprendizagem progressiva dos efeitos do calor.

Por fim, quanto à aprendizagem significativa crítica, pôde-se concluir como dados parciais que a utilização dessa metodologia promove condições para que os estudantes possam: (1) participar ativamente e tenham responsabilidade pessoal com o estudo; (2) mobilizar conhecimentos prévios por meio da apresentação de respostas iniciais às perguntas relacionadas à situação-problema; (3) elaborar suas próprias perguntas, pois há intenso uso do questionamento desde o início da atividade até sua finalização; (4) ter maior interação entre aluno-aluno, aluno-professor e aluno-materiais experimentais; (5) negociar e refletir os significados em grupo e no coletivo; (6) aprender a lidar com os erros e com a incerteza do conhecimento; (7) expressar a compreensão dos fenômenos de diferentes maneiras; e (8) aprender a utilizar diversas estratégias para aprender.

## Referências

- AUSUBEL, D. P. *Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva*. Lisboa: Paralelo, 2003.
- AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. *Psicologia educacional*. 2. ed. Rio de Janeiro: Interamericana, 1978.
- BRASIL. Ministério da Educação. *Parâmetros curriculares nacionais: ciências naturais*. Brasília: MEC, 1997.
- BYBEE, R. W. *The BSCS 5E instructional model: creating teachable moments*. Thousand Oaks: Corwin, 2015.
- BYBEE, R. W. *et al. The BSCS 5E instructional model: origins and effectiveness*. Colorado Springs: BSCS, 2006.
- CARVALHO, A. M. P. (org.). *Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula*. São Paulo: Cengage Learning, 2016.
- ESPINOZA, A. M. *Ciências na escola: novas perspectivas para a formação dos alunos*. São Paulo: Ática, 2010.
- FREIRE, P. *Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa*. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1996.
- FREIRE, P.; FAUNDEZ, A. *Por uma pedagogia da pergunta*. 5. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1998.
- HARLEN, W. *Evaluación y educación en ciencias basada en la indagación: aspectos de la política y la práctica*. Trieste: Global Network of Academies (IAP), 2013.
- HARLEN, W. *Principles and big ideas of science education*. Hatfield: Association for Science Education, 2010.

- HARLEN, W. (ed.). *Teaching, learning and assessing science 5-12*. 4. ed. London: Sage, 2006.
- LEMOS, E. S. A teoria da aprendizagem significativa e sua relação com o ensino e com a pesquisa sobre o ensino. *Aprendizagem Significativa em Revista*, Porto Alegre, v. 1, n. 3, p. 47-52, 2011.
- MARTÍ, J. *Aprender ciencias en educación primaria: didáctica de las ciencias experimentales*. Barcelona: Graó, 2012. v. 1.
- MOREIRA, M. A. Abandono da narrativa, ensino centrado no aluno e aprender a aprender criticamente. *Ensino, Saúde e Ambiente*, Niteroi, v. 4, n. 1, p. 2-17, 2011a. DOI: <https://doi.org/10.22409/resa2011.v4i1.a21094>
- MOREIRA, M. A. *Metodologias de pesquisa em ensino*. São Paulo: Livraria da Física, 2011b.
- MOREIRA, M. A. *Teorias de aprendizagem*. 2. ed. São Paulo: E.P.U., 2011.
- MOREIRA, M. A. *A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula*. Brasília: UnB, 2006.
- MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F. S. *Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel*. São Paulo: Centauro, 2001.
- MOREIRA, M. A.; MASSONI, N. T. *Noções básicas de epistemologias e teorias de aprendizagem como subsídios para a organização de sequências de ensino-aprendizagem em ciências/física*. São Paulo: Livraria da Física, 2016.
- NOVAK, J. D. A theory of education: meaningful learning underlies the constructive integration of thinking, feeling, and acting leading to empowerment for commitment and responsibility. *Aprendizagem Significativa em Revista*, Porto Alegre, v. 1, n. 2, p. 1-14, 2011.
- NOVAK, J. D.; GOWIN, D. B. *Aprender a aprender*. Lisboa: Plátano, 1999.
- SAMPIERI, R. H.; COLLADO, C. F.; LÚCIO, P. B. *Metodologia de pesquisa*. 3. ed. São Paulo: McGraw-Hill, 2006.
- USA. National Research Council. *National science education standards*. Washington: National Academy Press, 1996.
- WARD, H.; RODEN, J.; HEWLETT, C.; FOREMAN, J. *Ensino de ciências*. Porto Alegre: Artmed, 2010.
- ZABALA, A. *A prática educativa: como ensinar*. Porto Alegre: Artmed, 1998.