

Uma Análise dos Erros em Respostas de Questões Discursivas de Física à Luz dos Obstáculos Epistemológicos de Bachelard.

An Analysis of Errors in Responses from Discursive Issues of Physics to the Light of Bachelard Epistemological Obstacles.

José de Pinho Alves Neto

Instituto Federal de Santa Catarina – IFSC/Campus Florianópolis
pinho@ifsc.edu.br

Sandro da Silva Livramento Machado

Escola Estadual de Ensino Médio João Gonçalves Pinheiro – SED SC - Florianópolis
sandrolivramento.professor@gmail.com

José Francisco Custódio

Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC/Campus Florianópolis
j.custodio@ufsc.br

Resumo

O objetivo deste artigo é fazer uma análise dos erros observados nas respostas de uma questão discursiva de física de um vestibular e categorizá-los à luz dos obstáculos epistemológicos de Bachelard. Observamos que os erros nas respostas transitavam por duas perspectivas de entendimento e compreensão: uma teórica conceitual e outra teórica prática. Que por sua vez estão associados à relação matemática $v = \lambda \cdot f$. Desta forma, constatamos que os erros apresentados estão relacionados a não compreensão das duas perspectivas e do uso acrítico da relação matemática. Categorizamos estes erros a luz de três obstáculos epistemológicos de Bachelard: o **Conhecimento Geral**, a **Experiência Primeira** e o **Conhecimento Pragmático**. Desta forma, apontamos que os processos de ensino devem fazer ressalvas ao apresentar tais relações de forma direta, sem contextualizá-las e sem apresentar seus limites de validade.

Palavras chave: erros conceituais, obstáculos epistemológicos, vestibular

Abstract

The purpose of this paper is to analyze the observed errors in the responses of a discursive physics question of a vestibular and to categorize them in the light of the epistemological obstacles of Bachelard. We observed that the errors in the answers traveled through two perspectives of understanding and understanding: a conceptual theory and a practical theory. Which in turn are associated with the mathematical relationship. In this way, we verified that the presented errors are related to not understanding the two perspectives and the uncritical

use of the mathematical relation. We categorize these errors in light of Bachelard's three epistemological obstacles: General Knowledge, First Experience, and Pragmatic Knowledge. In this way, we point out that teaching processes should make reservations when presenting such relationships in a direct way, without contextualizing them and without presenting their limits of validity.

Key words: Conceptual errors, epistemological obstacles, vestibular

Introdução

A ideia central desse artigo é analisar os erros nas respostas dos candidatos a uma determinada questão de física em um concurso vestibular a luz dos obstáculos epistemológicos de Bachelard. O intuito é estabelecer um modelo para análise que ajude a caracterizar, entender e compreender as origens desses erros. Através desse modelo apontar caminhos para relação de ensino e aprendizagem de conceitos científicos, em especial o ensino de física.

Ao estabelecer uma categorização dos erros, podemos observar padrões e comportamentos nas respostas. Padrão no sentido de uma apresentação regular e sistemática de um erro e comportamento no sentido de modo de operação do pensamento. O entendimento e a compreensão desses padrões e comportamentos possibilita explorar do ponto de vista pedagógico, um melhor encaminhamento sobre as ações nos processos de ensino aprendizagem. Não buscamos observar erros aleatórios ou isolados de um determinado contexto epistemológico. Tão pouco buscamos analisar erros referentes a problemas de interpretação ao enunciado da questão. Buscamos analisar erros que guardem entre si alguma correlação epistêmica, ou seja, em relação a uma forma de pensamento para a solução de um problema. Como exemplo, o uso de relações matemáticas das grandezas físicas envolvidas equivocadas ou indevidas. Buscamos compreender como está estabelecida esta correlação e qual sua dinâmica. Como no caso do uso da relação matemática das grandezas físicas, qual o caráter interpretativo que os candidatos dão a esta relação. Se esta é interpretada como uma função entre as grandezas (dependência e independência), ou se esta é interpretada como uma relação estática (sempre com a mesma configuração). Entendemos que ao compreendermos um erro no sentido que descrevemos, pode trazer interessantes reflexões para os processos de ensino e aprendizagem do ensino de física.

Na primeira parte do artigo, apresentamos nossa concepção de erros do ponto de vista teórico e epistemológico. Também apresentamos a concepção de obstáculos epistemológico de Bachelard e sua consequência no ensino de ciências. Na sequência, realizamos uma análise das respostas questão, fazendo um levantamento estatístico dos erros e a seleção das questões relevantes para nossa análise. Este levantamento é baseado no relatório da instituição promotora do concurso e as escolhas das questões analisadas foram feitas com base nas respostas um item da questão que melhor possibilitou observarmos os erros e suas consequências.

Na segunda parte do artigo, apresentamos uma análise dos erros à luz de três obstáculos epistemológico de Bachelard. Estabelecemos desta forma três categorias de erros e três análises que possibilitam interpretações distintas para a reflexão geral sobre o processo de ensino e aprendizagem de conceitos científicos. Na sequência, nas considerações finais, propomos caminhos para que tais erros sejam superados e para que esses obstáculos sejam transpostos.

Erros e os Obstáculos Epistemológicos

Dado que buscamos nas respostas erros que possibilitem observar padrões e comportamentos, vamos demarcar nosso entendimento sobre o que é um erro e sobre como estes constituem um obstáculo epistemológico.

Estamos considerando erro todo processo sistematizado para estabelecer um conjunto de respostas a um determinado questionamento. Desta forma, o sujeito desse processo mobiliza um conjunto de conhecimentos para efetivar uma resposta. Esse conjunto de conhecimento é caracterizado por fatores objetivos e subjetivos. Como fatores objetivos, estamos considerando toda ação derivada diretamente do processo de ensino aprendizagem: o entendimento dos fenômenos, os conceitos relacionados aos fenômenos, o papel dos modelos matemáticos e suas relações com os fenômenos, aplicações para solução de problemas específicos e gerais. No que tange aos fatores subjetivos, consideramos as relações de interpretações (leitura e contexto), preferências pessoais em relação ao tipo de questão (objetiva, dissertativa, etc.), capacidade de discernimento em relação a escolha dos fatores objetivos como relação conceituais, modelos matemáticos, etc., capacidade de mobilizar e relacionar uma diversidade de saberes para propor uma solução.

Um erro é caracterizado por um conjunto de escolhas baseado em um critério de valor. Segundo Abbagnano (2012),

O erro não pertence a esfera das proposições (ou enunciados), mas à do juízo, das atitudes valorativas. Com efeito, não consiste em uma proposição falsa, embora uma proposição falsa seja um elemento do erro consistente em acreditá-la ou julgá-la verdadeira. (...) Em geral, pode-se chamar de erro todo juízo ou valoração que contrarie critérios reconhecidos como válido no campo a que se refere o juízo, ou ao limite de aplicabilidade do próprio critério (Abbagnano, p. 387 - 388, 2012).

Desta forma, ao propor uma solução, estamos fazendo um juízo de valor e adotando um critério de escolha. É neste sentido que focamos nossa análise dos erros relacionados com um padrão e comportamento para entender quais seriam estes juízos de valores e critérios de escolha. Assim, pensamos que ao analisarmos erros nesta esfera de entendimento, como uma relação aos padrões e comportamentos de pensamento, estamos analisando sob a perspectiva epistêmica. Compomos com isso elementos que revelam a forma de pensar, portanto, a forma que foi entendida as relações dos conceitos, suas expressões e suas ligações com os fenômenos estudados. O que ajuda a caracterizar o processo de ensino e aprendizado desse conhecimento.

Assim sendo, escolhemos um item da questão que envolvesse uma pergunta com relação teórica conceitual e teórica prática que melhor pudéssemos observar tais critérios de escolha. Sendo assim, observamos como os candidatos transitaram entre estas relações. No caso da primeira, teórica conceitual, está relacionada com as características dos fenômenos, como por exemplo, natureza das ondas, etc. No caso da segunda, teórica prática, está diretamente relacionada com as relações das grandezas físicas com o fenômeno. São as relações matemáticas de proporcionalidade, dependência e etc.. Neste caso, é necessário que nossa escolha possibilitasse observar tais transições entre conceitos e prática e dessa forma verificar uma possível origem dos erros. A dinâmica das transições, sua parcialidade ou a falta total dela, caracterizam-se como padrões e comportamentos nos erros.

No que tange a esse entendimento, que caracteriza o tipo de erro que estamos observamos, podemos relacioná-lo a forma que tais erros operam na estrutura do pensamento. Desta forma, pensamos que a visão de Gaston Bachelard sobre os obstáculos epistemológicos têm

ressonâncias como as nossas observações. Uma vez que, os obstáculos epistemológicos de Bachelard são vistos como “perturbações que se incrustam no próprio ato de conhecer e que constituem retardos ou causas de inércia do pensamento” (Bulcão, 2009). Estes obstáculos, portanto, não são externos ou relacionados com o externo. Como por exemplo, a complexidade de entendimento de um fenômeno ou a limitação dos sentidos. Estão relacionados diretamente com o ato de conhecer e compreender o papel dos conceitos científicos no entendimento do fenômeno. Desta forma, um obstáculo entorpece, causa confusão, prejudica tal entendimento.

Os obstáculos epistemológicos caracterizam-se como um contra pensar, que surgir na ação efetiva do pensar, da mobilização do conhecimento para responder a um problema. Neste sentido, a concepção de obstáculo epistemológico que permite uma ruptura - uma demarcação - entre o conhecimento comum e o conhecimento científico. Segundo Bachelard,

Quando se procuram as condições psicológicas dos progressos da ciência, em breve se chega à convicção de que *é em termos de obstáculos que se deve pôr o problema do conhecimento científico*. E não se trata de considerar obstáculos externos como a complexidade e a fugacidade dos fenômenos, nem tampouco de incriminar a fraqueza dos sentidos e do espírito humano: é no próprio ato de conhecer, intimamente, que aparecem, por uma espécie de necessidade funcional, lentidões e perturbações. É aqui que residem causas de estagnação e mesmo de regressão, é aqui que iremos descobrir causas de inércia a que chamaremos obstáculos epistemológicos (BACHELARD, p. 165, 2006).

Feito esta escolha, categorizamos os erros como sendo obstáculos epistemológicos. Este entendimento vem ao encontro do que é caracterizado como um obstáculo de aprendizado e desenvolvimento para a compreensão de conceitos científicos e sua aplicação de forma correta na interpretação de fenômenos. Para tanto, usamos o conceito de obstáculo de Bachelard. Segundo este filósofo, os obstáculos estão ligados com a noção de ruptura. Essa ruptura é por sua vez relacionada à noção de progresso científico. Para este pensador, o progresso científico está alinhado com o desenvolvimento da ciência e, por conseguinte, com o desenvolvimento e avanço do conhecimento científico. Assim, um obstáculo é visto como impedimento em tal avanço e devemos constituir estratégias para superá-los.

A escolha dessa perspectiva para analisar os erros dos candidatos via observação de possíveis obstáculos é conveniente em pelo menos duas direções. A primeira é quanto ao entendimento de erros na assimilação de conceitos e relações. Ao categorizarmos um erro como sendo um tipo específico de obstáculo, podemos entender a dinâmica desse erro e propor uma ação de intervenção sobre a transposição desse obstáculo. A segunda direção é compreender as relações entre o desenvolvimento de um pensamento e seu progresso, sua evolução. Desta forma, um erro conceitual analisado à luz de um obstáculo epistemológico constitui em última análise em um potencial entendimento da “psicologia” do sujeito. Ou seja, de como esse sujeito (candidatos) entendem os conceitos científicos e interpretam os fenômenos. Como ressalta Bulcão,

Um outro ponto importantíssimo que parece ter sido desprezado nas interpretações apresentadas é o fato de Bachelard ter reconhecido a interferência do sujeito na ciência, mostrando através do estudo dos obstáculos epistemológicos que o sujeito constrói o conhecimento superando tais obstáculos. Bachelard funda um novo estatuto do sujeito, que deixa de ser um simples receptáculo de verdades absolutas captadas passivamente para ser o autor e produtor do conhecimento científico (Bulcão, p. 75, 2009).

A possibilidade de olharmos erros em respostas da questão escolhida e vincularmos esses erros aos obstáculos epistemológico bachelardiano nos dá um bom potencial de análise da forma como os sujeitos pensam e refletem o entendimento dos fenômenos. Por sua vez, tais relações também desempenham um papel importante no apontamento para o avanço (progresso) do pensamento em relação aos processos de ensino e aprendizagem de teorias científicas.

Análise das Respostas e Escolha do Item

Para efetuar nossa análise, escolhemos uma questão discursiva, de um dos concursos de vestibular da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), que permitisse observar como os candidatos compreendem o fenômeno físico e as grandezas físicas envolvidas. A característica e a forma da questão bem como as perguntas são apresentadas no item seguinte deste artigo. O ponto em central sobre essa escolha se dá em função do tipo de questão e pergunta e sobre as possibilidades de análises.

O material utilizado para a análise foram as respostas¹ apresentadas pelos candidatos do vestibular 2015, organizado pela Comissão Permanente do Vestibular (COPERVE) da UFSC. São respostas das questões discursivas, uma das etapas do vestibular em que uma delas era referente a conteúdos de Física. A questão discursiva 3 é apresentada abaixo:

Questão discursiva 3

A REVOLUÇÃO TECNOLÓGICA

O inventário da inovação técnica nos arsenais da Grande Guerra é imenso, diversificado, bem-sucedido e supera os limites dos tópicos populares. [...] Especialistas americanos desenvolveram um sistema de radiotelégrafos capaz de orientar todo o tráfego aéreo em um raio de 200 quilômetros – as primeiras torres de controle. [...]

Disponível em: <<http://infograficos.estadao.com.br/public/especiais/100-anos-primeira-guerra-mundial>> Acesso em: 14 out. 2014.

A radiotelegrafia é definida como a telegrafia sem fio pela qual são transmitidas mensagens através do espaço por meio de ondas.
Responda às perguntas sobre o tema tratado acima.

a) Qual a natureza da onda gerada na torre de controle?

b) Na situação de comunicação entre torre de controle e avião em voo, do ponto de vista físico, qual elemento define a velocidade da onda e qual elemento define a frequência da onda?

c) Apresentando todos os cálculos, fundamentados em princípios físicos, determine a razão I_1/I_2 das intensidades da onda, a 1,0 km (posição 1) e a 200,0 km (posição 2) da torre de controle. Considere que a torre transmite uniformemente para todas as direções e que não existe dissipação de energia.

Observação: **NÃO** serão consideradas respostas na forma de fração.

Figura 1: Questão discursiva 3 – vestibular 2015 UFSC

Foram selecionadas 60 respostas respeitando o seguinte critério: todos os três itens apresentados na questão deveriam estar respondidos, independente de estarem corretos ou errados. Após a seleção, as respostas foram corrigidas com base no gabarito oficial da COPERVE e respeitando a pontuação de cada item.

1 Coperve/UFSC - Relatório Interno do vestibular 2015.

Gabarito da Questão Discursiva 3

a) a natureza da onda gerada na torre de controle é eletromagnética. (0,5)

b) O elemento que define a velocidade da onda é o meio de propagação da onda, que no caso é o ar.

A frequência da onda é definida pela fonte, que no caso é o transmissor, seja da torre ou do avião. (1,0)

c) Sabemos que Intensidade sonora é a razão entre potência transmitida e a área da superfície da frente de onda. (1,0)

$$I = \frac{P}{A}$$

Admitindo que a propagação da frente de onda é esférica, temos que $A = 4\pi r^2$, sendo r a distância entre a fonte da onda e a frente de onda em questão. Considerando que não há nenhum tipo de dissipação de energia, podemos pressupor que a potência da onda se mantém constante, $P_1 = P_2$, desta forma:

$$\begin{aligned} I_1 A_1 &= I_2 A_2 \\ \frac{I_1}{I_2} &= \frac{A_2}{A_1} \\ \frac{I_1}{I_2} &= \frac{4\pi r_2^2}{4\pi r_1^2} \\ \frac{I_1}{I_2} &= \frac{(200)^2}{1^2} \\ \frac{I_1}{I_2} &= 40000 = 4 \times 10^4 \end{aligned}$$

Figura 2: Gabarito oficial da questão discursiva 3

Após a correção foi feito um levantamento em termos percentuais dos pontos obtidos e comparados com os números apresentados pela COPERVE para a mesma questão.

Pontos	Respostas	Percentual (%)	COPERVE (%)
0,0	10	16,67	34,82
0,5	22	36,67	37,40
1,0	11	18,33	15,06
1,5	13	21,67	10,66
2,0	2	3,33	1,20
2,5	2	3,33	0,86

Tabela 1: Pontos total por candidatos.

De um total de 60 respostas, 10 com zero ponto constituindo 16,67%. O percentual apresentado pela COPERVE de 34,82% difere, pois neste valor foram computadas as respostas “em branco”, em que nada foi escrito, com um ou somente dois itens respondidos. Lembrando que optamos por selecionar somente respostas com os três itens respondidos. Os outros valores estão próximos dos apresentados pela COPERVE o que podemos concluir, com certa segurança, que uma amostra de 60 respostas representa a realidade.

Número de candidatos	Percentual (%)	Pontos (em relação à pontuação máxima, 2,5)
5108	34,82	$0,00 \leq \text{pontos obtidos} < 0,20$
0	0,00	$0,20 \leq \text{pontos obtidos} < 0,40$
5487	37,40	$0,40 \leq \text{pontos obtidos} < 0,60$
0	0,00	$0,60 \leq \text{pontos obtidos} < 0,80$
0	0,00	$0,80 \leq \text{pontos obtidos} < 1,00$
2209	15,06	$1,00 \leq \text{pontos obtidos} < 1,20$
0	0,00	$1,20 \leq \text{pontos obtidos} < 1,40$
1564	10,66	$1,40 < \text{pontos obtidos} < 1,60$
0	0,00	$1,60 \leq \text{pontos obtidos} < 1,80$
0	0,00	$1,80 < \text{pontos obtidos} < 2,00$
176	1,20	$2,00 \leq \text{pontos obtidos} < 2,20$
0	0,00	$2,20 \leq \text{pontos obtidos} < 2,40$
0	0,00	$2,40 \leq \text{pontos obtidos} < 2,50$
126	0,86	= 2,5

Figura 3 – Tabela percentual da relação candidatos e pontos da questão discursiva 3.

Análise do item b

Assim o item **b** foi o selecionado para ser estudado, pois a pergunta deste item permite um leque de possibilidades de respostas um pouco maior que os outros dois itens.

Ao fazer a correção do item **b**, observamos uma recorrência nas respostas erradas e parcialmente corretas. Parte das respostas erradas, em torno de 38,33% - ver tabela 2 – estão vinculadas ao uso equivocado da relação matemática $v = \lambda \cdot f$, e 35,00% das respostas erradas por outros motivos diversos. As respostas corretas por questões óbvias não foram analisadas.

Item	Pontos	Motivo do erro	Respostas	Percentual (%)
b	0,0	$v = \lambda \cdot f$	18	30,00
		outro	10	16,67
	0,5	$v = \lambda \cdot f$	5	8,33
		outro	11	18,33

Tabela 2 – Percentual do motivo de erro das respostas do item **b**.

Com os percentuais apresentados na tabela 2 o foco da nossa análise ficou restrito ao uso equivocado da relação matemática $v = \lambda \cdot f$, e desta forma tentar encontrar o motivo para este equívoco tendo como base os obstáculos epistemológicos de Bachelard.

Convém salientar que para responder o item **b** não há a necessidade de se basear na relação $v = \lambda \cdot f$, pois as respostas estão fundamentadas nos conceitos básicos de velocidade da onda e frequência da onda, de como estas grandezas definem as características de uma onda e não de

como elas se relacionam entre si. Observação semelhante é apresentada pelo relatório da COPERVE.

“O item **b**, considerado médio, exigia que fosse indicado os elementos que definem a velocidade da onda e a frequência da onda. Muitos candidatos mostraram não ter total domínio sobre a relação destes elementos com as características das ondas.” (COPERVE/UFSC, Prova objetiva e discursiva 2015 comentada)

Sabemos que na verdade uma grandeza física - velocidade da onda - não interfere na outra - frequência da onda, mas a relação de uma com a outra define a grandeza comprimento de

$$\lambda = \frac{v}{f}$$

onda,

Podemos observar que a resposta de tal item transita por duas perspectivas, uma teórica conceitual e outra teórica prática. Na primeira perspectiva espera-se que o candidato tenha entendimento teórico dos conceitos característicos das ondas eletromagnéticas. A segunda perspectiva envolve as relações das grandezas físicas que estão vinculadas às características das ondas (velocidade, frequência, período e comprimento de onda). Uma forte tradição presente nos livros e textos didáticos é apresentar inicialmente os conceitos de período (**T**), frequência (**f**), comprimento de onda (**λ**) e velocidade da onda (**v**). Que a velocidade da onda depende do meio de propagação, que a frequência, o número de eventos por unidade de tempo, é definida pela fonte da onda (teórico conceitual), assim como o período, tempo de um evento, e que o comprimento de onda é a distância entre pontos sucessivos, em fase, de uma onda. Inicialmente estes conceitos parecem desconectados, mas ao estabelecer a ligação entre **v**, **λ** , **f** e **T**, temos uma relação matemática $v = \lambda \cdot f$ como aparência de uma função do 1º grau, ou seja, induz a ideia de uma relação diretamente proporcional entre velocidade da onda e frequência, ou entre velocidade da onda e comprimento de onda. E provavelmente é nesta indução que encontramos a causa dos erros encontrados no item **b**. Esta forma geral de apresentar a relação entre estas grandezas físicas $v = \lambda \cdot f$, pode mascarar as particularidades em que tal relação é utilizada para caracterizar cada fenômeno ondulatório.

Podemos apontar, por exemplo, o fenômeno de refração. Neste caso, o fenômeno de refração caracterizado pela variação da velocidade da onda ao mudar de meio, a grandeza física frequência permanece constante. Ou seja, existe neste caso uma dependência do comprimento de onda com a mudança da velocidade e não o contrário como a relação induz. A forma

correta de apresentar a relação é $\lambda = \frac{v}{f}$, porque ela evidencia a maneira correta de tratar o fenômeno refração, com a dependência do comprimento de onda em relação à velocidade da onda no meio em questão para uma mesma frequência.

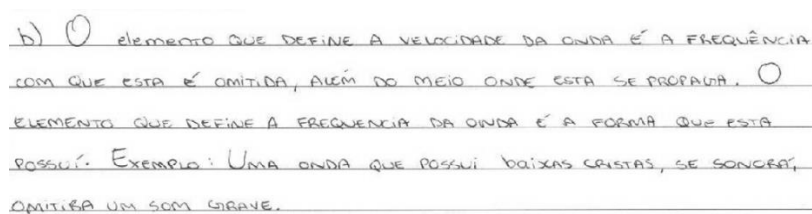
Com base nesta discussão faremos a seguir análise das respostas dos candidatos buscando categorizar os erros em relação aos obstáculos epistemológicos de Bachelard. Sendo eles: o **Conhecimento Geral**, a **Experiência Primeira** e o **Conhecimento Pragmático**. Tal categorização permitirá olhar os erros e equívocos do ponto de vista epistêmico, apontando para correções na formulação do ensino desses conceitos e na formação de professores.

Categorização dos Erros nos Obstáculos Epistemológicos

É importante resgatar o papel que os obstáculos epistemológicos têm no processo de ensino e aprendizagem do conhecimento científico. Segundo Andrade (2002), para Bachelard, “As dificuldades de abstração a partir dos fenômenos concretos entrevam o pensamento

científico.” Assim, um obstáculo apresenta-se como uma barreira que impede o pensamento abstrato, impede o entendimento dos conceitos, impede o desenvolvimento do pensamento científico. Tais obstáculos levam o sujeito a usar um pensamento superficial, vago (**Conhecimento Geral**), subjetivo (**Experiência Primeira**) e calcado no exame prático do seu uso (**Conhecimento Pragmático**) para as resoluções de problemas.

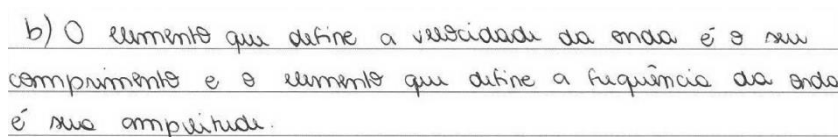
No caso de um obstáculo como o **Conhecimento Geral**, o sujeito tende a apresentar respostas generalistas, não observando os detalhes que são significativos para o entendimento do problema. Usando neste caso, soluções gerais e automáticas. É por exemplo o caso do uso generalizado de fórmulas matemáticas sem perceber que tais fórmulas são generalizações de conceitos. Dependendo da situação em análise, tais fórmulas matemáticas devem ser reinterpretadas e não simplesmente usadas.



b) O elemento que define a velocidade da onda é a frequência com que esta é emitida, além do meio onde esta se propaga. O elemento que define a frequência da onda é a forma que esta possui. Exemplo: Uma onda que possui baixas cristas, se sonçada, emitirá um som grave.

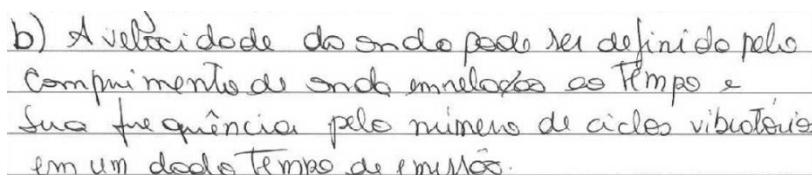
Figura 4: resposta item **b** – candidato A²

Na figura 4 a resposta apresentada não está de acordo com uma resposta desejada, pois estabelece uma relação de dependência da velocidade com a frequência da onda. Provavelmente sua resposta está baseada na relação $v = \lambda \cdot f$, que induz a uma relação de dependência entre as outras duas grandezas em questão.



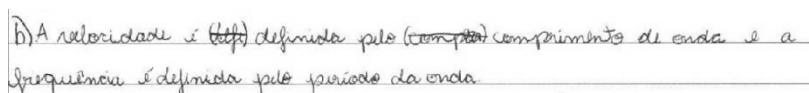
b) O elemento que define a velocidade da onda é o seu comprimento e o elemento que define a frequência da onda é sua amplitude.

Figura 5: resposta item **b** – candidato B²



b) A velocidade da onda pode ser definida pelo comprimento de onda em relação ao tempo e sua frequência pelo número de ciclos vibratórios em um dado tempo de emissão.

Figura 6: resposta item **b** – candidato C²



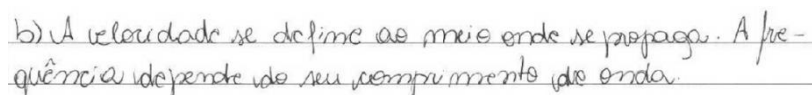
b) A velocidade é ~~definida~~ definida pelo ~~comprimento~~ comprimento de onda e a frequência é definida pelo período da onda.

Figura 7: resposta item **b** – candidato D²

Nas figuras 5, 6 e 7 as respostas estão em não conformidade com o desejado, mas percebe-se a relação de dependência entre a velocidade e o comprimento de onda ficando evidenciada a base da resposta na relação $v = \lambda \cdot f$, também.

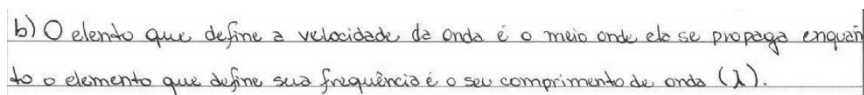
Nas quatro respostas apresentadas fica claro o caráter mecânico e generalista com base na relação matemática $v = \lambda \cdot f$, sem preocupar que tipo de relação realmente existe entre as grandezas para a situação em questão.

No obstáculo a **Experiência Primeira**, ressalta-se o caráter subjetivo. Assim, o sujeito faz da observação primeira do problema, sua análise imediata, sem colocá-la em posição crítica. Um exemplo dessa subjetividade é a análise do fenômeno de forma fragmentada. O conceito científico é subjetivado e usado de forma simplista e fragmentado. A natureza do conceito fica dissociada da análise do fenômeno específico. É o caso da questão onde o candidato mostra certo domínio dos conceitos ou da natureza da origem da velocidade da onda e/ou da frequência da onda, porém não usa esta informação de forma crítica, recorrendo de imediato ao uso da fórmula.



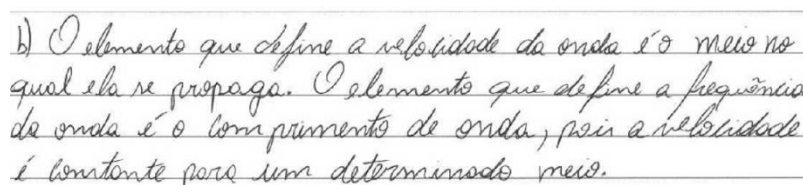
b) A velocidade se define ao meio onde se propaga. A frequência depende do seu comprimento de onda.

Figura 8 – resposta item **b** – candidato E³



b) O elemento que define a velocidade de onda é o meio onde ele se propaga enquanto o elemento que define sua frequência é o seu comprimento de onda (λ).

Figura 9 – resposta item **b** – candidato F³



b) O elemento que define a velocidade da onda é o meio no qual ela se propaga. O elemento que define a frequência de onda é o comprimento de onda, pois a velocidade é constante para um determinado meio.

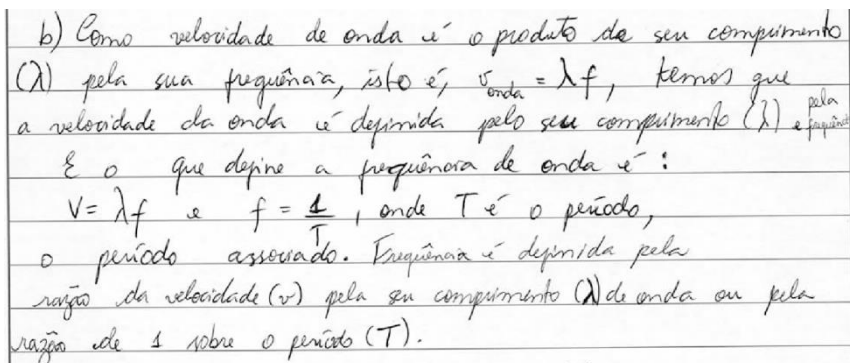
Figura 10 – resposta item **b** – candidato G³

Nas figuras 8, 9 e 10 as respostas estão parcialmente corretas, pois os candidatos conseguem mostrar domínio no elemento que define a grandeza física velocidade, o meio no qual a onda se propaga, mas para responder o elemento que define a frequência partem para a dependência entre a frequência e o comprimento de onda, pois a velocidade é constante, provavelmente induzido pela relação matemática $v = \lambda \cdot f$.

Nas três respostas apresentadas fica claro o caráter subjetivo e fragmentado na análise do fenômeno com as grandezas físicas envolvidas e novamente a relação matemática $v = \lambda \cdot f$, é utilizada sem questioná-la com a situação ou fenômeno em questão. Essa é uma sutil diferença entre o obstáculo **Conhecimento Geral** e a **Primeira Experiência**. Uma vez que para o conjunto de respostas representadas pelas figuras 4, 5, 6 e 7, os candidatos fizeram uso da relação sem demonstrar alguma relação de conhecimento do fenômeno. Já no caso das respostas representadas pelas figuras 8, 9 e 10 é possível ver que os candidatos demonstram algum conhecimento relacionado ao fenômeno, no caso, a natureza da velocidade, mas novamente os erros apresentados apontam como causa o uso da relação matemática $v = \lambda \cdot f$.

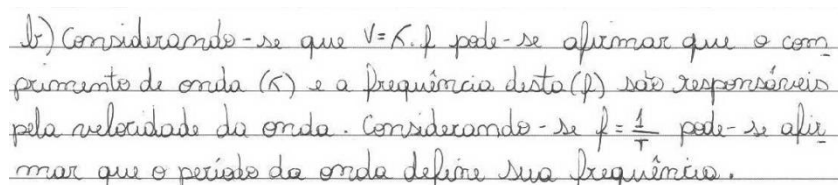
Em relação ao uso prático das fórmulas, destaca-se o obstáculo do **Conhecimento Pragmático**. Neste obstáculo os conceitos são apresentados de forma a encaixá-los em toda e qualquer tipo de situação. Desta forma, o papel da fórmula ganha uma dimensão importante e

mascara o verdadeiro sentido da sua existência – generalização. Os candidatos tendem a usar tal generalização com um instrumento prático de entender o problema e solucioná-lo, sem pensar criticamente a relação apresentada na fórmula e sua real aplicação.



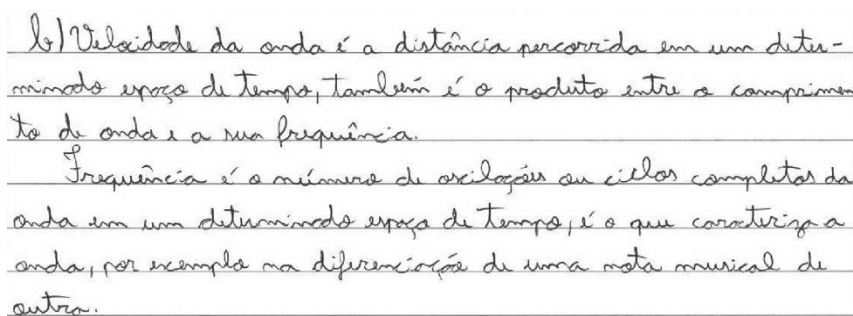
b) Como velocidade de onda é o produto de seu comprimento (λ) pela sua frequência, isto é, $v_{\text{onda}} = \lambda f$, temos que a velocidade da onda é determinada pelo seu comprimento (λ) e pela frequência. É o que define a frequência de onda é:
 $v = \lambda f$ e $f = \frac{1}{T}$, onde T é o período, o período associado. Frequência é definida pela razão da velocidade (v) pela seu comprimento (λ) de onda ou pela razão de 1 sobre o período (T).

Figura 11: resposta item b – candidato H⁴



b) Considerando-se que $v = \lambda \cdot f$ pode-se afirmar que o comprimento de onda (λ) e a frequência desta (f) são responsáveis pela velocidade da onda. Considerando-se $f = \frac{1}{T}$ pode-se afirmar que o período da onda define sua frequência.

Figura 12: resposta item b – candidato I⁴



b) Velocidade da onda é a distância percorrida em uma determinado espaço de tempo, também é o produto entre o comprimento de onda e a sua frequência.
Frequência é a número de oscilações ou ciclos completos da onda em um determinado espaço de tempo, é o que caracteriza a onda, por exemplo na diferenciação de uma nota musical de outras.

Figura 13 – resposta item b – candidato J⁴

Nas figuras 11, 12 e 13 é evidente o caráter pragmático no uso da relação matemática $v = \lambda \cdot f$ para fundamentar a resposta. Não existe nenhuma preocupação em analisar o vínculo das grandezas físicas, velocidade e frequência, com o fenômeno em questão, e muito menos as particularidades que devem ser levadas em conta e respeitadas da relação matemática $v = \lambda \cdot f$.

Percebemos que as respostas dos candidatos - H, I e J - são automáticas em relação ao uso da fórmula $v = \lambda \cdot f$. Essa é uma característica do obstáculo **Conhecimento Pragmático**. Neste caso, os candidatos tendem a responder sem refletir sobre a natureza das grandezas, usando de forma automática a equação e atribuindo uma falsa relação de proporcionalidade entre as elas.

Podemos notar que os obstáculos relatados possibilitam interpretações da origem dos erros apresentados pelos candidatos. Desta forma, podemos analisar possíveis caminhos para entender e compreender como o processo de ensino e aprendizagem é constituído e de que forma podemos transpô-los.

Considerações Finais

Podemos observar que ao analisarmos os erros encontrados à luz dos obstáculos epistemológicos de Bachelard, tivemos algumas respostas satisfatórias com relação a possível origem deles. Vale resgatar o pensamento de Bachelard com relação ao papel dos obstáculos na formação do pensamento científico, portanto, também na formação do pensamento educacional. Um obstáculo é um entrave com relação ao desenvolvimento do pensamento, sua evolução. Este por sua vez não é acumulativo. Desta forma, nossa análise apontou para algumas questões interessantes.

O primeiro ponto a observar é a relação de entendimento apresentada por determinados candidatos que alinhamos com o obstáculo **Conhecimento Geral**. Este tipo de sujeito apresenta uma característica que indica sua relação com um conhecimento mais superficial do fenômeno apresentado. Desta forma, tal sujeito, tende aplicar de forma genérica fórmulas e relações matemáticas sem se preocupar com a origem dos conceitos. O segundo ponto dessa observação é o conjunto de candidatos que se caracterizaram pelo alinhamento com o obstáculo **Experiência Primeira**. Neste caso, observamos que sua característica principal era certo entendimento da natureza dos fenômenos, porém não realizavam este entendimento com a relação matemática correta, como foi observado no item análise da questão **b**. Assim, tal comportamento é caracterizado sem reflexão crítica das relações e com o fenômeno. O terceiro ponto está relacionado com um obstáculo chamado **Conhecimento Pragmático**. Neste caso, os sujeitos tendem a responder às questões de forma prática e imediatistas. Aplicam fórmulas e relações matemáticas de forma literal (estrutura estática das relações matemáticas), sem fazer a devida análise do fenômeno em questão. Tal comportamento é caracterizado pelo uso de relações matemáticas como sendo universais, ou seja, aplicadas a qualquer contexto, sem as devidas ressalvas dos contextos.

O que apontou tal categorização e tal análise foi uma possível e forte candidata a origem do erro. Tal erro é a relação matemática $v = \lambda \cdot f$. Podemos observar pela análise realizada que de forma explícita ou implícita, que esta relação matemática estava presente nos erros dos candidatos. Na análise feita por nós no item acima exposto e no próprio relatório da instituição promotora do concurso vestibular aponta tal origem de forma implícita. O ponto a ressaltar aqui é como vemos esta relação matemática como um obstáculo e a possível origem dos erros.

Segundo Bachelard, o progresso do pensamento científico se dá por rupturas com tais obstáculos. Desta forma, ao observarmos a constituição dos erros vinculados ao tipo de obstáculos epistemológicos, observamos de fato como tais sujeitos compreendem os conceitos e como estabelecem entre eles as relações necessárias para interpretar os fenômenos. A ênfase na relação matemática $v = \lambda \cdot f$ sem sua devida contextualização, ou seja, interpretada à luz do fenômeno é sem dúvida um apontamento importante para a origem do erro. É possível observar com base neste dado, que sujeitos não vinculam esta relação matemática com o rigor de análise do fenômeno e com a base conceitual de cada grandeza relacionada ao contexto da questão, ou seja, quem define velocidade da onda, qual grandeza é constante e etc.

Nossa reflexão sobre a possível origem do erro aponta para alguns problemas no processo de ensino e aprendizagem dos conceitos científicos. Entre eles, o uso direto de relações matemáticas sem sua contextualização. A possível origem desse uso direto pode estar relacionada com o processo de didatização, onde o professor pressupõe que o sujeito da

aprendizagem saberá fazer distinção dos termos da relação. Sabendo que em se tratando de relação matemática com “aparência” de uma função do 1º grau, saberá abstrair para além dessa aparência e relacionando-a para contexto. O que observamos não ser verdade. Vale lembrar que Bachelard aponta que o verdadeiro desenvolvimento do conhecimento científico é alcançado quando os sujeitos parte do concreto para o abstrato. Os obstáculos, portanto os erros são impedimentos para essa abstração.

Ao observarmos essa dinâmica de erros e obstáculos, podemos refletir como determinados processos possibilitam limitações no desenvolvimento do pensamento científico, por conseguinte, do pensamento educacional. A possível origem do erro na resposta do item analisado aponta para uma necessidade no processo de ensino, de se construir abstrações para além das relações diretas entre grandezas, como no caso da relação apresentada, $v = \lambda.f$.

Desta forma, apontamos como uma possível solução, ressalvas ao apresentar tais relações de forma direta. Estas ressalvas devem apontar para o caráter generalista, empírico e pragmático de tais relações. Apresentando limites, especificidades, com intuito de que o sujeito observe suas particularidades na aplicação direta de tais relações.

Agradecimentos e apoios

À COPERVE por gentilmente compartilhar as respostas dos candidatos, que serviu de base para a confecção deste artigo.

Referências

- ABBAGNANO, Nicola. Dicionário de filosofia. São Paulo: Editora WMF Martins Fontes, p. 387 - 388, 2012.
- ANDRADE, B. L. DE; ZYLBERSZTAJN, A.; FERRARI, N. As analogias e Metáforas no Ensino de Ciências à Luz da Epistemologia de Gaston Bachelard. **ENSAIO – Pesquisa em Educação em Ciências**. V2, n2 – dezembro 2002.
- BULCÃO, M. O Racionalismo da Ciência Contemporânea - Introdução ao Pensamento de Gaston Bachelard - Edição Revista e Ampliada - Ed. Ideias Letras. Aparecida - SP, 2009.
- BACHELARD, G. - A formação do espírito científico. Disponível em <http://astro.if.ufrgs.br/fis2008/Bachelard1996.pdf>. Acesso em 30 de agosto de 2016.
- _____. **A epistemologia**. Tradução de Fátima Lourenço Godinho e Mário Carmino Oliveira. Lisboa, Portugal: Edições 70, 2006.
- BERTOCHÉ, G.; Modelos e Rupturas Epistemológicas: Análise Crítica da Posição de Bachelard. **Prometeus – Filosofia em Revista**. Universidade Federal de Sergipe. Ano 6, número 12 – Julho-Dezembro/2013. E-ISSN:2176-5960
- COPERVE/UFSC, Prova objetiva e discursiva 2015 comentada. Disponível em <http://dados.coperve.ufsc.br/vestibular2015/relatorioOficial/FSC.pdf>. Acesso em 20 de outubro de 2016.
- _____. Relatório Interno do vestibular 2015.
- LOPES, A. R. C. Bachelard: O Filósofo da Desilusão. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, V13, n3: p248-273, dezembro 1996.

PARENTE, L. T.S. Bachelard e a Química no Ensino da Pesquisa. Edições Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1990.