

RESOLUÇÕES DE PROBLEMAS: UMA ANÁLISE DAS QUESTÕES DE FÍSICA DO PROCESSO SELETIVO DA UEPA DO ANO DE 2015

RESOLUTIONS OF PROBLEMS: AN ANALYSIS OF PHYSICS ISSUES OF THE 2015 UEPA SELECTIVE PROCESS

Igor Ramon Sinimbú Miranda¹ [igormiranda@ufpa.br]

Leda Yumi Hirai¹ [leda1608@gmail.com]

Frederico da Silva Bicalho² [fredbicalho@uepa.br]

¹Universidade Federal do Pará-UFPA.

²Universidade do Estado do Pará-UEPA.

RESUMO

O Ensino de Física enfrenta alguns entraves frequentes, além de sofrer uma forte influência da cultura do vestibular. Pode-se, então, ressaltar metodologias que incitam o aprendizado de forma fragmentada, com muitas resoluções sistemáticas e tecnicistas, onde os alunos não aprendem como resolver problemas e apenas utilizam algoritmos e mecanismos que favorecem a memorização conceitual. Dessa maneira, foi estudada a estruturação das provas de Física presente no Processo Seletivo (PROSEL) da Universidade do Estado do Pará (UEPA) do ano de 2015. Na ocasião, houve o registro de 43.065 inscritos para realizarem as provas, sendo que mais de 7000 candidatos faltaram no segundo dia de aplicação. Fez-se, então, uma análise quantitativa dos dados que nos foram fornecidos pela universidade. As questões presentes nos exames foram analisadas qualitativamente, evidenciando as soluções das questões 36 (1ª etapa, cinemática), 38 (2ª etapa, calorimetria) e 36 (3ª etapa, óptica), tomando como base o arco da problematização de Magueres e a teoria específica para solução de problemas de Física de Harvey Mudd, ambas divididas em cinco etapas. Dessa forma, obtivemos uma visão sistemática do panorama do Ensino Médio no Estado do Pará, mapeando também as dificuldades dos estudantes. Em síntese, constatamos grande divergência dos índices de aproveitamento e classificação esperados pela UEPA para com os verdadeiramente obtidos.

PALAVRAS-CHAVE: Ensino de Física; Vestibular; resolução de problemas.

ABSTRACT

Physics teaching faces some frequent obstacles, besides suffering a strong influence by the culture of the university entrance exam. So, it's possible to emphasize methodologies that encourage learning in a fragmented way, with many systematic and technical resolutions, where students do not learn how to solve problems and only use algorithms and mechanisms that favor conceptual memorization. The structure of the Physics tests in the Student Admission Process (PROSEL) at Universidade Estadual do Pará (UEPA) in 2015 was analyzed for this purpose. At that time, there were 43,065 people registered to take the tests, and more than 7000 candidates missed on the second day of application. The data provided by the university went through a quantitative analysis. The questions present in the exams were

analyzed qualitatively, showing the solutions to questions 36 (1st stage, Kinematics), 38 (2nd stage, Calorimetry) and 36 (3rd stage, Optics), based on Magueres's problematization arch and Harvey Mudd's specific theory for solving Physics problems, both divided into five stages. In this way, we obtained a systematic view of the High School panorama in the state of Pará, also mapping students' difficulties. In summary, we found a great divergence in the use and classification indexes expected by UEPA with those actually obtained.

KEYWORDS: *Physics teaching; entrance exam; Resolution of problems.*

INTRODUÇÃO

No Ensino de Ciências em geral, e em particular no Ensino de Física, é fácil constatar que grande parte da carga horária nas aulas é dedicada a atividades de resolução de problemas (MOREIRA, 2018). Esta é uma atividade didática fundamental para a construção de conhecimentos nesta área, mas, geralmente, durante sua realização, os alunos não aprendem como resolver esses problemas e apenas utilizam algoritmos e mecanismos que favorecem a memorização conceitual. Dificilmente os alunos desenvolvem a capacidade de enfrentar o processo de solução de um problema mais aberto ou amplo. Atualmente, em nossa sociedade, o ingresso na universidade tem um papel de grande importância no condicionamento de parte da realidade educacional, no qual as escolas são pressionadas a se adequar o mais próximo possível das exigências nos exames vestibulares.

Assim, devido a essa forte influência da cultura do vestibular em nossas escolas de educação básica, propusemo-nos a estudar a estruturação de provas de Física presentes em exames de vestibulares de Instituições de Ensino Superior (IES), no sentido de especificar a natureza e a formulação das questões propostas nas mesmas. Neste trabalho, especificamente, nos dedicamos a analisar as questões de Física presentes nos exames de admissão vestibulares da Universidade do Estado do Pará (UEPA), PROSEL, do ano de 2015.

O processo seletivo para ingresso na Universidade do Estado do Pará (UEPA) se dava, diferentemente de muitas das IES do Brasil, por meio de um exame próprio da instituição, que era realizado em três etapas. A primeira etapa envolvia 56 questões objetivas referentes ao conteúdo programático do primeiro ano do Ensino Médio. A segunda etapa envolvia 60 questões objetivas referentes ao conteúdo programático do segundo ano do Ensino Médio, incluindo língua estrangeira. A terceira etapa era composta por 54 questões objetivas referentes ao terceiro ano do Ensino Médio, língua estrangeira e uma redação. As provas e editais de cada ano estão disponíveis para acesso no site da instituição (UEPA, 2015).

Fez-se, ainda, uma análise aprofundada das estatísticas de acerto/erro nas questões, fazendo uma correlação com o conteúdo apresentado nas mesmas. Isso nos deu uma visão sistemática inicial do panorama do Ensino Médio do Estado do Pará, tendo em vista que este exame, em 2015, era a única porta de entrada à UEPA, uma das maiores e principais instituições de ensino público do estado. Assim, pudemos mapear as possíveis dificuldades em encontrar soluções por parte dos alunos.

Partimos da constatação consolidada de que hoje, embora seja reservado um tempo significativo das aulas na educação básica para as atividades didáticas de resolução de problemas, há um baixo desempenho dos alunos nestas atividades. Frequentemente, observamos que os estudantes não aprendem a resolver problemas, mas sim apenas memorizam soluções para situações que são apresentadas pelos professores como exercícios de aplicação. Na prática tradicional, é bastante comum os alunos conseguirem solucionar problemáticas similares as anteriores, mas fracassarem diante de novas situações (MOREIRA, 2018; PEREZ, TORREGROSA, 1992; COLOMBO, BERBEL, 2007).

Esse fracasso é geralmente explicado pelos professores pela falta de conhecimentos teóricos sobre os temas, dificuldades de encontrar a solução adequada do problema, conceitos e leis que os problemas abordam e também ao pouco domínio matemático exigido para resolvê-los por parte dos alunos. (SOARES, FÁVERO, 1999).

Podemos associar também esse fracasso na Resolução de Problemas aos equívocos praticados por professores nos seus planejamentos didáticos (PEREZ, MARTINEZ TORREGROSA, 1992). Esse fato pode ser observado nos planos de aula dos professores de Física que atuam em escolas de nosso país, embora muitas vezes eles não o reconheçam (MOREIRA, 2018).

Diante desse quadro, algumas pesquisas (tais como LOPES, 2004) apresentam contribuições relacionadas a essa problemática. Entre elas, temos o papel do professor na atividade de resolução de problemas: cabe a ele identificar e reconhecer que existe o problema, envolver e orientar os alunos no estudo da situação Física.

REFERENCIAL TEÓRICO

Para fazer a análise dos problemas encontrados na prova do processo seletivo da UEPA, utilizou-se o Arco da Problematização de Maguerz, adaptado para as questões de Física, onde temos a presença de cinco pontos importantes que precisam ser detalhados. Tais tópicos são: Observação da Realidade, Pontos Chave, Teorização, Hipóteses de Resolução e Aplicação das Hipóteses.

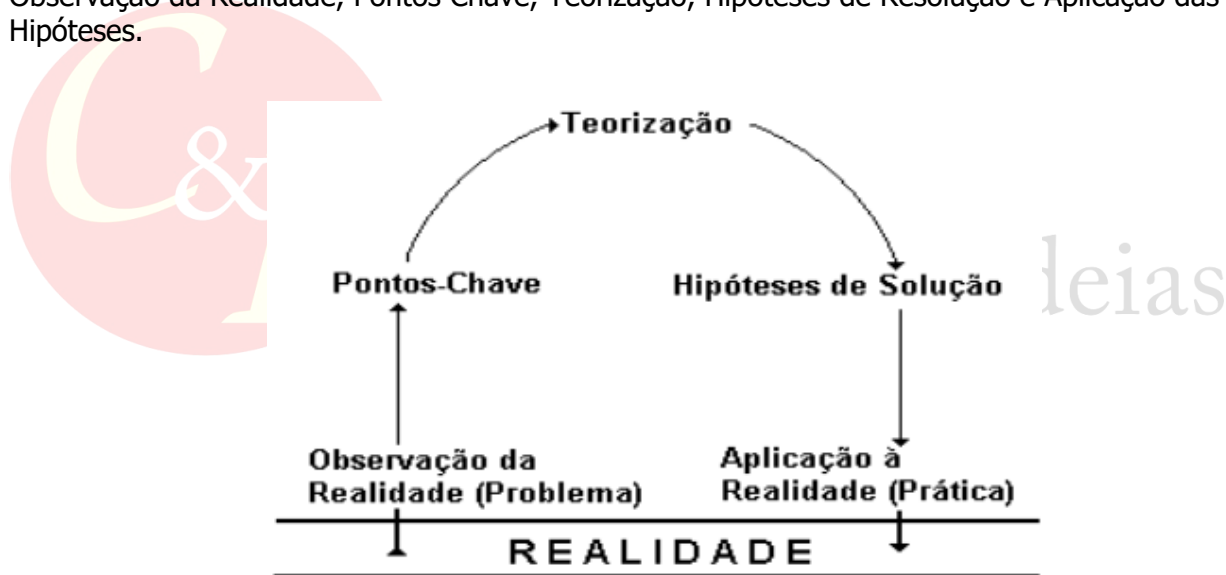


Figura 1: Arco da Problematização de Charles Maguerz.

Fonte: Colombo, A. A.; Berbel, N. A. N. 2007.

Segundo Berbel (1996), a metodologia da Problematização com o Arco de Maguerz parte da realidade que pode ser observada por diversos ângulos e permite ao estudante ou pesquisador extrair e identificar os problemas existentes. Quando os alunos problematizam sua realidade, conforme Berbel (1996), eles conseguem identificar situações-problemas concretas, possibilitando a construção de novos sentidos e implicam em um real compromisso com o seu meio. Assim, eles observam os problemas em sua realidade e levarão para a mesma uma resposta de seus estudos, com o intuito de aplicar seus conhecimentos na solução dos problemas.

A primeira etapa da metodologia de resolução de problemas é a **Observação da Realidade** a partir de um problema a ser resolvido. Nesta fase, os alunos deverão identificar pontos importantes na questão que serão problematizadas.

Os **Pontos Chave** são a segunda etapa. Nesta, os alunos refletirão sobre as possíveis causas da existência do problema envolvido. Tal estudo deve ser crítico e reflexivo, para que os estudantes tenham em vista que estão buscando a todo momento solucionar o problema. A partir dessa análise, os estudantes precisam sintetizar os pontos principais, com o intuito de entender o problema e encontrar maneiras de solucioná-lo.

A terceira etapa é a da **Teorização**: aqui, os alunos precisam identificar quais os assuntos que envolvem o problema dentro de cada ponto chave.

Hipóteses de Resolução é a quarta etapa, em que os alunos devem elaborar, de maneira crítica e criativa, suas possíveis resoluções do problema. Segundo Berbel (1996), "as hipóteses são construídas após o estudo, como fruto da compreensão profunda que se obteve sobre o problema, investigando-o de todos os ângulos possíveis".

Chegamos finalmente a quinta etapa, **Aplicação das Hipóteses**, na qual os alunos tentarão resolver o problema por meio das hipóteses encontradas. Para Berbel (1996), decisões tomadas deverão ser executadas ou encaminhadas. Nesse momento, o componente social e político está mais presente. A prática que corresponde a esta etapa implica num compromisso dos alunos com o seu meio. Do meio observaram os problemas e para o meio levarão uma resposta de seus estudos, visando transformá-lo em algum grau.

Assim, fecha-se Arco da Problematização de Charles Maguerez, que visa instruir os alunos a aprenderem o conteúdo de maneira crítica e reflexiva a partir de sua realidade social.

Outros autores também buscam métodos para a resolução de problemas, que é uma parte fundamental do estudo da Física. Muitos professores gostariam que seus alunos aprendessem a resolver estes problemas utilizando os conceitos e princípios físicos corretamente, porém sabemos do grande desafio a ser enfrentado. Existem diversas teorias específicas para solução de problemas. Harvey Mudd (1997) utiliza 5 passos, que são:

1. Desenhar diferentes diagramas que descrevam a situação para tornar mais claro o problema.
2. Ler o comando da questão ou problema diversas vezes para saber precisamente o que se pede na mesma.
3. Em problemas de forças, isolar as componentes e desenhar o diagrama de forças para assim saber qual lei é apropriada. Em outros, justificar a lei mais apropriada ou relação para incluir as incógnitas do problema.
4. Completar a álgebra do problema utilizando símbolos ou usar análise dimensional e verificar os resultados
5. Verificar se os resultados fazem sentido físico; caso contrário, revisar os cálculos.

METODOLOGIA

Segundo Chizzotti (1995, p.11), "a pesquisa investiga o mundo em que o homem vive e o próprio homem". Contudo, a pesquisa só existe com o apoio de procedimentos metodológicos adequados, que permitam a aproximação ao objeto de estudo.

A pesquisa documental assemelha-se muito à pesquisa bibliográfica, sendo a única diferença entre ambas a natureza das fontes. Enquanto a pesquisa bibliográfica se utiliza

fundamentalmente das contribuições dos diversos autores sobre determinado assunto, a pesquisa documental vale-se de materiais que não receberam ainda um tratamento analítico, ou que ainda podem ser reelaborados de acordo com os objetivos da pesquisa (GIL, 2008).

O desenvolvimento da pesquisa documental segue os mesmos passos da pesquisa bibliográfica. Apenas há que se considerar que o primeiro passo consiste na exploração das fontes documentais, que existem em grande número. Há, de um lado, os documentos de primeira mão, que não receberam qualquer tratamento analítico, tais como documentos oficiais, reportagens de jornal, cartas, contratos, diários, filmes, fotografias e gravações, entre outros. De outro lado, existem os documentos de segunda mão, que de alguma forma já foram analisados, como, por exemplo, relatórios de pesquisa, relatórios de empresas, tabelas estatísticas - e, no nosso caso, um banco de dado de questões de provas do processo seletivo para ingresso em uma universidade pública.

Os dados fornecidos pela Diretoria de Acesso e Avaliação (DAA) - Pró-reitoria de graduação (Prograd) da instituição, a qual é responsável pelos levantamentos dos dados relacionados aos processos seletivos da mesma. Apesar de não termos acesso completo ao tratamento estatístico utilizado para chegar aos números apresentados, podemos utilizá-los em parte para corroborar a metodologia utilizada nesse trabalho.

Desta forma, tratamos nosso banco de dados de questões dos processos seletivos da Universidade do Estado do Pará como um valioso documento, o qual analisaremos com o rigor metodológico que cabe a uma pesquisa qualitativa e quantitativa documental.

O desenvolvimento da pesquisa se deu em três etapas:

1ª Etapa: Neste momento, foram selecionadas as provas utilizadas no processo seletivo da UEPA no ano de 2015. Foi feito também o levantamento das questões da prova de Física referentes ao 1º, 2º e 3º Ano do Ensino Médio. Sendo a primeira e a segunda fase compostas de 7 (sete) questões cada, ou seja, 14 (quatorze) questões. Já a terceira fase apresentava 6 (seis) questões de Física, somando, então, 20 (vinte) questões nas três etapas.

2ª Etapa: Nesta fase, fizemos uso os dados fornecidos pela UEPA, onde são apresentadas as informações como:

O *Índice Facilitador Previsto (IFP)*, que é uma interpretação dos elaboradores da prova na qual mostram que as questões podem ser consideradas como fácil, média ou difícil.

O *Índice Facilitador (IF)* mostra se a questão era fácil, média ou difícil, segundo a interpretação da UEPA, a partir das respostas dos alunos, ou seja: se uma grande quantidade de candidatos acertou uma determinada questão, esta pode ser considerada como fácil se analisada juntamente com o IFP. Tem-se, também, a quantidade e o percentual de alunos que marcaram as alternativas A, B, C, D e E da prova objetiva de Física, assim como apresenta-se a quantidade e o percentual de respostas certas em relação às questões respondidas. A partir desses dados, analisamos em qual tema de Física os alunos encontraram mais dificuldades na hora de resolver as questões.

3ª Etapa: Nesta terceira fase realizamos uma análise qualitativa das questões, resolvendo-as e analisando onde estaria o erro que o candidato poderia ter cometido. E, para isso, fizemos o uso do Arco da Problematização de Charles Maguerez, em conjunto com a teoria específica para solução de problemas de física de Harvey Mudd (1997). Tal análise foi dividida em 5 (cinco) passos, como sugere Mudd:

1. Diagrama proposto;
2. O que se pede?
3. Qual solução matemática usar?

4. Resolução;
5. Análise do resultado.

ANÁLISES E DISCUSSÕES

A partir dos dados estatísticos das provas objetivas do processo seletivo (PROSEL) da Universidade do Estado do Pará no ano de 2015, verificamos que há uma grande dificuldade na disciplina de Física, pois em todas as três fases do processo nenhuma questão obteve mais de 50% de acertos (ver as tabelas 1, 2 e 3). No ano de 2015 houve o registro de 43.065 candidatos inscritos para o PROSEL, sendo que mais de 7000 candidatos faltaram no segundo dia de prova.

Outro fator interessante está relacionado com o Índice Facilitador Previsto (IFP) e o Índice Facilitador (IF), que aparecem bem discrepantes, já que há uma análise sobre a dificuldade das questões por meio do elaborador e esta não condiz com a realidade das respostas dadas pelos alunos. Esses índices, utilizados pela instituição, apresentam as dificuldades previstas pelos autores dos problemas e a dificuldade apresentada pelos candidatos em realizar os problemas com base nos erros e acertos obtidos. Ou seja, em uma questão de IFP-fácil, caso o número percentual de acertos seja inferior a 50%, o IF muda para "médio" ou "difícil" de acordo com esse valor. Para exemplificar: a questão 38 no quadro 1 tem IFP-fácil e IF-médio, pois o número percentual de acertos foi inferior de 30,6%, inferior a 50% (ver tabela 1). Já a questão 39 no quadro 1 tem IFP-fácil e IF-difícil, pois o valor de acerto foi 16,1%, inferior a 25%, (ver tabela 1).

Com isso, observamos os seguintes resultados para as etapas 1, 2 e 3 do PROSEL. É preciso evidenciar que,, em cada fase do processo seletivo eram cobrados temas específicos de Física para cada prova, relativos aos conteúdos especificados em edital prévio.

Quadro 1: Índices referentes a 1ª fase do PROSEL para cada questão da etapa.

QUESTÃO	ÍNDICE FACILITADOR PREVISTO	ÍNDICE FACILITADOR
36	Médio	Difícil
37	Difícil	Difícil
38	Fácil	Médio
39	Fácil	Difícil
40	Fácil	Médio
41	Médio	Difícil
42	Médio	Difícil

Fonte: Universidade do Estado do Pará, 2015.

A tabela abaixo nos mostra os dados analisados e apresenta a porcentagem de candidatos que marcaram cada alternativa de cada questão. Nessa etapa, foram sete

questões de Física, sendo duas questões de Cinemática e cinco questões de Dinâmica. Cada questão contém cinco itens que podem ser assinalados. Para facilitar o entendimento, o percentual de candidatos que acertaram as questões está destacado em negrito e também sublinhado.

Tabela 1: Percentual de alternativas marcadas na 1ª fase do PROSEL para cada questão.

QUESTÃO	LETRA A	LETRA B	LETRA C	LETRA D	LETRA E
36 (Cinemática)	24,53%	<u>25,82%</u>	19,5%	18,9%	11,14%
37 (Dinâmica)	<u>17,4%</u>	22,14%	27,2%	18,1%	15%
38 (Dinâmica)	12,18%	<u>30,6%</u>	17,7%	23,4%	15,96%
39 (Dinâmica)	15,89%	27,31%	20,5%	20,1%	<u>16,1%</u>
40 (Cinemática)	9,64%	20,05%	<u>31,7%</u>	15,6%	18,86%
41 (Dinâmica)	15,98%	13,31%	26,7%	<u>29,4%</u>	14,69%
42 (Dinâmica)	27,31%	13,77%	15,9%	<u>28,1%</u>	14,69%

Fonte: Elaborado pelos autores.

Analisando as questões separadamente por assunto, começando por Cinemática, percebemos que um pouco mais de 25% dos candidatos conseguiram responder corretamente. Já nas demais questões referentes ao conteúdo de Dinâmica, verificamos que a quantidade de acertos dos alunos também apresentou um índice muito baixo, mostrando, assim, que há dificuldades acerca dos problemas.

Ao todo, apenas na primeira fase, foram respondidas 259.653 alternativas das questões de Física. No entanto, o número de respostas corretas foram 66.509, o que representa um percentual de 25,61% de itens marcados corretamente. Esses valores correspondem às questões que foram respondidas

Na Segunda Fase do PROSEL, com conteúdos que são ministrados no 2º ano do Ensino Médio, os resultados também não foram satisfatórios, ocorrendo a mesma situação que analisamos na primeira etapa, tanto para os Índices quanto para o percentual de acertos. Sendo assim, verificando a divergência entre o grau de dificuldade prevista pelo elaborador da prova e as respostas dos alunos.

Quadro 2: Índices referentes a 2ª fase do PROSEL para cada questão da etapa.

QUESTÃO	ÍNDICE FACILITADOR PREVISTO	ÍNDICE FACILITADOR
36	Difícil	Difícil
37	Médio	Médio
38	Médio	Difícil
39	Fácil	Médio

40	Fácil	Médio
41	Médio	Difícil
42	Fácil	Difícil

Fonte: Universidade do estado do Pará, 2015.

A mesma abordagem foi feita para a segunda etapa. A prova continha sete questões de Física, sendo duas questões de Hidrostática, duas de questões de Calorimetria, uma questão de Ondulatória, outra de Acústica e, por fim, uma questão de Termodinâmica. Separando também por assunto, analisando as questões de Hidrostática, Calorimetria, Ondulatória, Acústica e Termodinâmica, obtivemos resultados parecidos com aqueles da primeira fase, ou seja, a quantidade de acertos também apresentou valores muito baixos. Assim, na segunda fase, tiveram 252.554 alternativas marcadas na prova de Física; contudo, apenas 66.801 foram marcadas corretamente, obtendo, assim um percentual de 26,45% de sucesso.

Tabela 2: Percentual de alternativas marcadas na 2ª fase do PROSEL para cada questão.

QUESTÃO	LETRA A	LETRA B	LETRA C	LETRA D	LETRA E
36 (Hidrostática)	14,16%	18,35%	23,9%	21,6%	21,89%
37 (Hidrostática)	18,22%	33,89%	25,8%	8,43%	13,57%
38 (Calorimetria)	17,12%	21,39%	22%	22,2%	17,05%
39 (Calorimetria)	36,72%	14,68%	37,1%	7,54%	3,83%
40 (Ondulatória)	16,21%	18,60%	17,5%	16,7%	30,74%
41 (Acústica)	14,14%	24,84%	23%	19,2%	18,69%
42 (Termodinâmica)	11,06%	22,91%	14,9%	27,2%	23,75%

Fonte: Elaborado pelos autores.

Nem todos os candidatos conseguem alcançar a média para serem classificados para a terceira fase do PROSEL. Sendo assim, o número de alunos que realizam tal prova é consideravelmente menor. Com conteúdos referentes ao 3º ano do Ensino Médio, os resultados analisados também apresentam informações semelhantes às que obtivemos nas etapas anteriores.

Quadro 3: Índices referentes a 3ª fase do PROSEL para cada questão da etapa.

QUESTÃO	ÍNDICE FACILITADOR PREVISTO	ÍNDICE FACILITADOR
31	Difícil	Médio
32	Médio	Difícil
33	Fácil	Difícil

34	Médio	Difícil
35	Médio	Difícil
36	Difícil	Difícil

Fonte: Universidade do estado do Pará, 2015.

A terceira tabela abaixo nos mostra os resultados obtidos. Foram seis questões de Física, sendo três questões de Física Moderna, duas de Eletrodinâmica e uma de Óptica.

Tabela 3: Percentual de alternativas marcadas na 3ª fase do PROSEL para cada questão.

QUESTÃO	LETRA A	LETRA B	LETRA C	LETRA D	LETRA E
31 (Física Moderna)	15,87%	17,41%	<u>34,6%</u>	22,6%	9,25%
32 (Física Moderna)	18,81%	14,80%	<u>30,9%</u>	22,2%	12,95%
33 (Física Moderna)	22,02%	<u>26,01%</u>	10,4%	22,2%	19,24%
34 (Eletrodinâmica)	11,12%	25,09%	29,3%	<u>28,2%</u>	16,02%
35 (Eletrodinâmica)	9,20%	<u>21,70%</u>	15,5%	22,1%	32,21%
36 (Óptica)	12,45%	16,56%	29,7%	<u>21,9%</u>	20,63%

Fonte: Elaborado pelos autores.

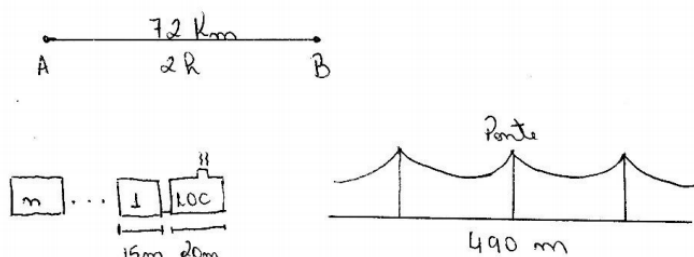
Analisando as questões de Física Moderna, Eletrodinâmica e Óptica, obtivemos resultados parecidos quando comparados às fases anteriores. Segundo os dados nos fornecido pela universidade, 33.362 alternativas das questões foram respondidas, todavia, apenas 9.763 estavam corretas, o que equivalente a 27,44% de sucesso.

Avaliaremos agora de forma mais qualitativa as possíveis formas de soluções dos alunos, considerando que existem pequenas diferenças nas formas de solucionar os problemas entre “novatos” e “especialistas”, onde o primeiro grupo tem dificuldades em categorizar os problemas e ainda apresenta déficits matemáticos. O Segundo grupo costuma ter maior facilidade em organizar e categorizar os problemas, facilitando a solução (MALONEY, 2011; CHI, FELTOVICH, GLASER, 1981). Dessa foram, a partir das soluções criadas pelo método de Harvey Mudd, buscamos entender possíveis dificuldades e, ainda, associá-las aos possíveis erros cometidos pelos candidatos na realização das provas.

Para isso, faremos a análise de três questões de forma criteriosa, demonstrando os passos sugeridos anteriormente e avaliando possíveis erros cometidos em tais soluções. As questões avaliadas são: Questão 36 (1ª etapa, Cinemática), 38 (2ª etapa, Calorimetria) e 36 (3ª etapa, Óptica).

Quadro 4: Resolução da questão 36 (1ª etapa, cinemática) pelo método de Harvey Mudd

Enunciado: Uma composição ferroviária usada para o transporte de mercadorias faz o percurso entre duas cidades, distantes 72 km uma da outra, em um intervalo de tempo de 2 h. A locomotiva, que mede 20 m de comprimento, puxa um comboio formado por N vagões de 15 m de comprimento cada um. Sabe-se que no meio do caminho entre as duas cidades existe uma ponte de 490 m de comprimento e que a composição leva 1 min para atravessá-la completamente. Nesse sentido, afirma-se que o número N de vagões que formam a composição é igual a:

1 – Diagrama proposto**2 – O que se pede?**

Qual o valor de "n" (quantidade de vagões)?

3- Qual relação matemática usar?

$$V_m = \frac{\Delta S}{\Delta t}$$

4-Resolução

$$V_m = \frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{72 \text{ km}}{2 \text{ h}} = \frac{36 \text{ km}}{\text{h}} = 10 \text{ m/s}$$

$$10 \text{ m/s} = \frac{490 + 20 + 15n}{60}$$

$$n = 6$$

5- Análise:

É preciso considerar o trem como um corpo extenso, ou seja, seu tamanho não pode ser desprezado nos cálculos. O resultado obtido faz sentido físico e é resposta da questão, conforme o gabarito da universidade.

Fonte: Elaborado pelos autores.

A partir da análise cuidadosa dos passos, podemos verificar que trata-se de uma questão comum nos livros de Física básica, e também um exercício bastante explorado nas salas de aula. Apesar disso, quando olhamos a comparação entre os índices já citados, percebemos que os alunos consideraram a questão mais difícil que o esperado. Esse fato pode ser explicado por confusões na solução. Como podemos ver, é necessário aplicar duas vezes a mesma equação e, na segunda vez, considerar o comprimento do trem (corpo extenso). Isso nos

mostra que alguns alunos não têm o conhecimento teórico e matemático para esse tipo de problemas.

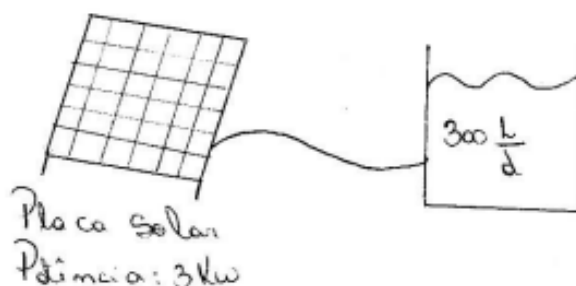
Quadro 5: Resolução da questão 38 (2ª etapa, Calorimetria) pelo método de Harvey Mudd

Enunciado: Texto: Através de placas de captação instaladas sobre o telhado, é possível usar a energia solar no aquecimento de água, tanto para uso doméstico quanto para uso comercial que requeiram pequenos ou grandes volumes de água aquecidos a até 70°C.

(Fonte: <http://www.ecocasa.com.br/solucoes-para-construcaosustentavel-da-ecocasa.asp>.)

Considere a situação em que o equipamento descrito no Texto XV seja utilizado para aquecer 300 L de água por dia, de modo a garantir o abastecimento de uma família de 4 pessoas. Admitindo que a potência absorvida pelas placas captadoras seja de 3 kW e que seja inteiramente utilizada para o aquecimento da água, o tempo necessário para o equipamento aquecer a água contida no reservatório de 5°C até 65°C é, em h, igual a:

1- Diagrama proposto



2- O que se pede?

O tempo para aquecer 300 L de água de 5°C até 65°C

3- Qual relação matemática usar?

Calor sensível ($Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta$); Potência ($P = \frac{Q}{\Delta t}$) Fluxo de calor

4- Resolução

$$P = \frac{Q}{\Delta t}$$

$$3000 = \frac{300 \cdot 4200 \cdot (65 - 5)}{\Delta t}$$

$$\Delta t = 25200s = 7h$$

5-Análise

É importante ter conhecimento do prefixo K (quilo) e retirar do texto por regra de 3 simples a massa de água em kg. O resultado obtido faz sentido físico e é resposta da questão, conforme o gabarito da universidade.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Ao analisar a questão, percebemos que é necessário retirar do texto informações através de regras de três simples e, ainda, a utilização de duas equações físicas. Apesar disso, o problema não tem grandes complicações e a álgebra presente é bastante simples. Os possíveis erros

cometidos podem ter sido na leitura do comando da questão ou, evidentemente, nas equações utilizadas. Portanto, como na questão anterior, notamos a presente falta de domínio conceitual e matemático básico dos candidatos. Esta situação se repete amplamente na análise dos dados e soluções, levando a crer que realmente existe um problema no ensino e aprendizagem de Física (GODOY, ESPINOSA, 1989; GARRET et al., 1990; VILLANI, 1991; LOPES, COST, 1996): seja por problemas conceituais ou de cunho matemático, o fato é incontestável.

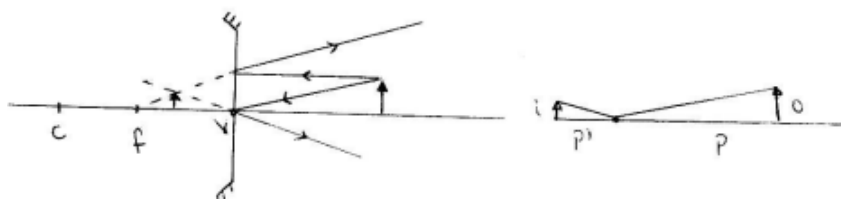
Quadro 6: Resolução da questão 36 (3ª etapa, Óptica) pelo método de Harvey Mudd

Enunciado: Texto: As bolas de Natal são enfeites encontrados em diversos tamanhos e tipos de materiais e fazem o maior sucesso entre as crianças. (figura de bola de Natal)

(Fonte: <http://www.almanaquedospais.com.br>).

Ao olhar sua imagem refletida numa dessas bolas espelhadas, situada a 76 cm de distância de seus olhos, uma criança enxerga sua imagem bem menor que seu tamanho real, que é de 1,0 m de altura. Sabendo que a bola possui diâmetro de 16,0 cm, o tamanho da imagem da criança produzida por este enfeite, em cm, será igual a:

1- Diagrama proposto



2- O que se pede?

O tamanho da imagem (i) em cm

3- Qual relação matemática usar?

Equação do aumento linear ($A = \frac{i}{o} = -\frac{p'}{p} = \frac{f}{f-p}$)

$R=2.f$

4-Resolução:

$$D = 2.R = 2.(2.f)$$

$$f = -\frac{16}{4} = -4\text{cm}$$

$$\frac{i}{o} = \frac{f}{f-p}$$

$$i = 5\text{cm}$$

5-Análise

É importante o conhecimento geométrico para verificar os sinais de P, P', f e i. Além disso a equação do aumento linear também é fundamental para a solução. O resultado obtido faz sentido físico e é resposta da questão, conforme o gabarito da universidade.

Fonte: Elaborado pelos autores

A questão 36 foi prevista como difícil, apesar de não exigir grandes cálculos para a solução, e o percentual de acerto foi baixíssimo, mostrando grandes problemas por parte dos alunos. Obviamente, o problema exige interpretação de conceitos de Óptica e trata de algo cotidiano. Ainda que se trate de uma questão de nível difícil, a mesma não traz nada que a torne sem solução. O uso de uma ou duas equações com a devida atenção aos sinais usados nas incógnitas bastam para que a questão seja solucionada. Por isso, podemos insinuar que a grande quantidade de erros está no fato do desconhecimento das equações, na manipulação algébrica ou, ainda, em problemas conceituais.

Por fim, faremos a análise das questões utilizando o arco de Maguerz utilizando pequenas adequações ao caso. São elas: na teorização, discutiremos os princípios físicos por traz da questão; em hipóteses de solução, será abordado o método mais indicado para solucionar o problema; e em aplicação à realidade, utilizaremos outros exemplos nos quais pode ser aplicado o problema em foco, visando sempre o cotidiano.

Quadro 7: O arco de problematização de Maguerz

QUESTÕES	OBSERVAÇÃO DA REALIDADE	PONTOS CHAVE	TEORIZAÇÃO	HIPÓTESES DE SOLUÇÃO	APLICAÇÃO À REALIDADE
36 (1ª etapa)	Ao ler a questão, o aluno deve associar imediatamente a ideia de um problema de Cinemática.	Corpo extenso, velocidade média, número de vagões.	Utiliza-se os conceitos de cinemática básica com a consideração de um corpo extenso em foco.	A solução deve ser feita mediante a aplicação da equação de velocidade média duas vezes como mostrado anteriormente	Pode-se aplicar a diversos fenômenos cotidianos como os que envolvem velocidade média de corpos extensos.
38 (2ª etapa)	O candidato deve perceber com o texto que a questão é de Calorimetria	Aquecimento, calor, transferência de calor	Partiremos do conceito de transmissão de calor associado a potência	Como vimos na solução proposta, a questão utiliza apenas duas equações e pode ser confusa, pois apresenta muitos dados que não serão utilizados	Podemos utilizar em diversas situações como em um sistema de aquecimento de água residencial
36 (3ª etapa)	Através da leitura do texto em conjunto com a imagem podemos ver que a questão é de Óptica	Espelho, reflexão, imagem formada	Trata-se da utilização da lei de Gauss para espelhos e a equação do aumento linear.	A solução é simples, porém deve-se ter cuidado com os sinais nos cálculos	Situações que envolvem espelhos convexos como os de um automóvel ou espelhos internos de ônibus.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Quando analisamos o método de categorização e solução do arco de Maguerz e Harvey Mudd, podemos inferir que a base é comum e buscam, I) categorizar o problema apresentado, II) identificar os termos principais e o que a questão propõe, III) inferir uma solução ou o princípio que solucionará a mesma, IV) resolver o problema e V) identificar possíveis erros e aplicações cotidianas para o mesmo.

Com essa caracterização adaptada do Arco de Maguerz, pretende-se ampliar as discussões dos problemas para a realidade do aluno. Verifica-se que as questões sugerem que esses problemas são comuns no cotidiano dos candidatos. Então, tratando-os com aplicações à realidade, torna-se mais fácil a compreensão e o sentido em realizar tais soluções (DCNEM, 1998).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos estudos feitos com os dados estatísticos do processo seletivo do ano de 2015 fornecidos pela Universidade do Estado do Pará e das análises das "questões" de Física das três fases, percebemos que há uma grande dificuldade com a disciplina, e que os obstáculos a serem enfrentados apresentam relevância para o desenvolvimento da mesma.

Analisando de modo quantitativo os resultados, observamos que o percentual de acertos se apresenta com valores abaixo do esperado, e que a expectativa em cima das questões não é suprida, já que para o elaborador da prova existe um grau de dificuldade, entretanto, a discrepância existente com o resultado alcançado é visível, pois em quase todas os problemas o Índice Facilitador Previsto e o Índice Facilitador mostram conceitos opostos.

Já a reflexão feita a partir da resolução das questões mostra-nos alguns passos que podem ser úteis para solucionar um problema, associando teoria e prática. Onde deve-se levar em consideração, segundo Maguerz, cinco tópicos importantes como observação da realidade, pontos-chave, teorização, hipóteses de solução e aplicação à realidade, e tudo isso deve estar presente na realidade do aluno para que ele consiga interpretar e resolver determinadas situações.

As soluções apresentadas das questões 36 (1ª etapa, Cinemática), 38 (2ª etapa, Calorimetria) e 36 (3ª etapa, Óptica), conforme a teoria específica de Harvey Mudd, pode ser realizada em qualquer um dos outros problemas das provas, não sendo apresentadas neste trabalho para não tornar o texto muito extenso e cansativo. Por outro lado, ressaltamos que os problemas de Física em geral podem ser resolvidos utilizando tal teoria como forma de organização do problema e facilitação da construção de uma solução. Em princípio, este tipo de teoria facilita bastante a resolução de problemas por parte de iniciantes, como já dito anteriormente.

Sendo assim, métodos como este, no qual envolve-se o Arco de Problematização de Maguerz e até mesmo a teoria específica para solução de problemas de Física de Harvey Mudd, podem ser uma ferramenta auxiliar e metodológica a ser utilizada para a melhoria da relação do aluno com a disciplina de Física e a obtenção de êxito na resolução de questões, além de as associarem às situações problemas do cotidiano.

REFERÊNCIAS

BERBEL, N. A. N. **Metodologia da Problematização no Ensino Superior e sua contribuição para o plano da praxis**. Semina: v.17, n. esp., p.7-17, 1996.

BRASIL. **Diretrizes Curriculares Nacionais da Educação Básica**. Resolução n.3, MEC/CNE/CEB, Brasília/BRA, 1998. (CD-Rom Diretrizes Curriculares da Educação Básica).

CHI, M.T.H., FELTOVICH, P.J.; GLASER, R.. **Expertise in problem solving**. Em R. Sternberg (Ed.), *Advances in the psychology of human intelligence*, 1. Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates, 1981.

CHIZOTTI, A. **Pesquisas em ciências humanas e sociais**. São Paulo, 1995.

COLOMBO, A. A.; BERBEL, N. A. N. A Metodologia da Problematização com o Arco de Maguerez e sua relação com os saberes de professores. **Semina: Ciências Sociais e Humanas**, Londrina, v. 28, n. 2, p. 121-146, jul./dez. 2007

GARRET, R. M.; SATTERLY, D.; PÉREZ, D. G.; TORREGROSA, J. M.. Turning exercises into problems: an experimental study with teacher and training. **International Journal of Science Education**. V.12, n.1, p. 1-12, 1990.

GIL, A.C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GODOY, Z.; ESPINOSA, P. R.. Saben los maestros la física que enseñan? **Enseñanza de las Ciencias**, v. 7, n. 3, p. 251-256, 1989.

LOPES, A. C. Políticas curriculares: continuidade ou mudança de rumos? **Revista Brasileira de Educação**, n. 26, p. 109-118, São Paulo, 2004.

LOPES, B.; COST, N. Modelo de enseñanza-aprendizaje centrado en la resolución de problemas: fundamentación, presentación e implicaciones educativas. **Enseñanza de las Ciencias**, v.14, n.1, p. 45-61, 1996.

MALONEY, D.P. An Overview of Physics Education Research on Problem Solving. **Physics Educational Research**, v. 2, n. 2, p. 1 – 33. São Paulo, 2011.

MOREIRA, M. A. Uma análise crítica do ensino de Física. **Estudos avançados**, v. 32, n. 94, p. 73-80, 2018.

MUDD, H. **How to Solve Physics Problems** (College Physics Department), 1997. Disponível em: <<http://www.physics.hmc.edu/howto/problemsolving.html>>. Acesso em: 15 de Novembro 2017.

PÉREZ, D.G. et al. Questionando a didática de resolução de problemas: elaboração de um modelo alternativo. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 9, n. 1, p. 7-19, 1992.

SOARES, C.M.S.G.; FÁVERO, M.H. A Física na escola: um estudo sobre as representações sociais do ensinar e do aprender. **Atas do I Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**. São Paulo, 1999.

UNIVERSIDADE DO ESTADO DO PARÁ. PROGRAD – **Diretoria de Acesso e Avaliação (DAA)**. Disponível em: < <https://paginas.uepa.br/prograd/> > Acesso em: 20 novembro 2019.

VILLANI, A. Reflexões sobre dificuldades cognitivas dos professores de Física. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v.8, n.1, p. 7-13, 1991.