



A FÍSICA CONTEMPORÂNEA NO ENSINO MÉDIO: UMA PROPOSTA UTILIZANDO O CONCEITO DE REFRAÇÃO NEGATIVA

Fernando Grillo Araújo*

Gustavo Isaac Killner

*fernandogrillo.1979@gmail.com

RESUMO

Embora a Física Moderna e Contemporânea já esteja presente nos currículos escolares oficiais do Ensino Médio, existe ainda uma dificuldade grande em inseri-la na sala de aula. Baseado nas literaturas publicadas, foi realizada uma investigação quanto a influência de conteúdos de Física Contemporânea no aprendizado e no interesse do aluno. Foi elaborada e aplicada uma sequência didática, cujo objetivo era trazer conceitos da Física Contemporânea como elemento inovador para o ensino de Física Clássica. Para isso, avaliamos, em duas turmas, a aprendizagem quanto ao conceito de refração. Em uma delas foi abordado tópicos de Física Contemporânea – no caso refração negativa – e na outra não. Os resultados mostram que a Física Contemporânea influencia significativamente no aprendizado do aluno, podendo despertar grande interesse por essa nova ciência.

Palavras-chave: Física Contemporânea, refração negativa, sequência didática.

ABSTRACT

Although the FMC is already present in the official school curricula in high school, there is still a great difficulty inserting it in the classroom. Based on the published literature, we conducted a research on the influence of Contemporary Physics in student learning and interests. We develop and implement a didactic sequence whose our goal is to bring concepts of contemporary physics as innovative element to the classical physics teaching. To perform this research, we evaluated in two classes, learning on the concept of refraction. In a class was approached topics of Contemporary Physics – the negative refraction case – and in the other not. The results show that Contemporary Physics influences on student learning, and it can tease great interest in students for this new Science.

Keywords: contemporary physics, negative refraction, didactic sequence.

Introdução

Atualmente vivemos na chamada revolução tecnológica, com um mundo repleto de nanotecnologias, cirurgias a laser, microprocessadores, entre outros exemplos, que só foram possíveis



graças aos avanços científicos no campo da Física Moderna e Contemporânea (FMC). Através dessa Física, podemos compreender a revolução tecnológica que vivemos, pois os fenômenos envolvendo o funcionamento dos telefones celulares, sensores de presença e calor, microprocessadores e etc. não podem ser explicados apenas com os conhecimentos da Física Clássica. Sob essa perspectiva, observa-se a importância de se ensinar FMC no Ensino Médio.

Embora a FMC já esteja presente nos currículos escolares oficiais do ensino médio, como no PCN+ (BRASIL, 2002), existe ainda uma dificuldade grande em inseri-la na sala de aula. Sales et al. (2008) ressalta a dificuldade de discussão sobre um projeto político-pedagógico para uma proposta de ensino de FMC, assim como o despreparo dos professores para abordarem tal conteúdo em sala de aula.

Entre os diversos assuntos relacionados à Física Moderna e Contemporânea, o conceito de luz é um dos mais presentes no mundo moderno – basta pensar na comunicação por fibras óticas, televisores, telas de LCD e plasma, sensores de presença, cirurgias a laser, entre outros – o que evidencia a importância de aprimorar este conceito, tanto na perspectiva da Física Clássica, como também na perspectiva da FMC. No entanto, o conceito de luz, como grande parte dos conceitos de física, é tratado de forma abstrata – cuja abordagem didática envolve a medida de ângulos, memorização de conceitos e fórmulas e princípios de trigonometria, voltado totalmente para física clássica (GIRCOREANO e PACCA, 2001).

Pensando na importância da tecnologia na sociedade e na necessidade de discuti-la no ensino, através da FMC, bem como nas condições de ensino das escolas públicas nos dias atuais, o presente artigo apresenta uma pesquisa referente a inserção de elementos da Física Contemporânea como elemento inovador para o ensino de Física Clássica, no Ensino Médio, de forma acessível ao professor e de fácil compreensão para os alunos.

Entre os diversos assuntos possíveis, escolhemos o conceito de Refração Negativa, onde buscamos, através deste conceito, inovar o ensino da Óptica Geométrica na Física Clássica. Este artigo busca responder a seguinte pergunta: trazer elementos da Física Contemporânea para o Ensino Médio, pode influenciar no aprendizado do aluno, sobre um determinado conceito?

Referencial Teórico



Ostermann e Moreira (2000), a partir de uma revisão da literatura, apontam diversas justificativas para que a FMC seja aplicada na escola, com as quais também concordamos:

- Despertar a curiosidade dos estudantes e ajudá-los a reconhecer a Física como um empreendimento humano e, portanto, mais próxima a eles;
- Aproximar os estudantes da física atual;
- Aproveitar o entusiasmo de professores e alunos por temas atuais, que estão ligados as novas tecnologias;
- Possibilitar ao aluno localizar-se corretamente como ser humano na escala temporal e espacial da natureza;
- Atrair jovens para a carreira científica, pois serão eles os futuros pesquisadores e professores de física;
- A Física Moderna é considerada conceitualmente difícil e abstrata, mas, resultados de pesquisa em ensino de Física têm mostrado que, além da Física Clássica ser também abstrata, os estudantes apresentam sérias dificuldades conceituais para compreendê-la. (OSTERMANN e MOREIRA, 2000, p. 24)

Na visão de Freire (2011), a educação deve sensibilizar o educando para que este, através da construção do conhecimento científico, tenha criticidade e autonomia com relação aos problemas de sua realidade, buscando averiguar e investigar todas as informações possíveis, permitindo-lhe fazer seu julgamento e atuando de maneira coerente na sociedade. Logo, na FMC encontramos um amplo leque de temas e conteúdo que satisfazem os critérios mencionados acima e podem ser discutidos, tanto com alunos do ensino médio, como também os do ensino fundamental.

É nessa perspectiva que o professor, na qualidade de educador e divulgador da ciência, poderia trabalhar tanto com a Física Moderna e Contemporânea, quanto com a Física Clássica, pois, embora a Física Clássica tenha a sua importância na educação científica, ela não dá conta de explicar a evolução do universo contemporâneo, e as novas tecnologias, que marcam a grande revolução tecnológica presente na sociedade atual. Essa visão mais complexa do mundo é de extrema importância para a formação dos alunos e, nesse sentido, trazer para sala de aula discussões sobre o impacto da tecnologia na sociedade, bem como o princípio de funcionamento dos diversos aparelhos tecnológicos, além das novas e futuras tecnologias, é muito importante para possibilitar essa compreensão mais atualizada.

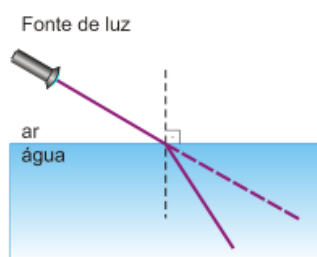
A refração negativa

Refração é um fenômeno ligado ao comportamento da luz, quando ela passa de um meio para



outro e, por isso, sofre um desvio em sua trajetória. Esse desvio ocorre devido a variação de sua velocidade nos meios diferentes, já que cada um deles apresentam estruturas atômicas diferentes, que podem oferecer maior ou menor resistência a passagem da luz.

Figura 1: Fenômeno de refração.

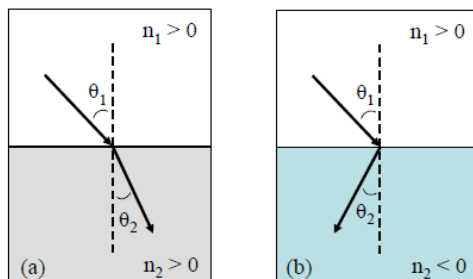


Fonte : http://osfundamentosdafisica.blogspot.com.br/2013/10/preparando-se-para-o-enem_19.html

A refração negativa é um fenômeno que, ao contrário da refração convencional, não é observado na natureza; é criado em laboratório, e sua criação se dá através dos chamados metamateriais – materiais compostos por estruturas artificiais, formados pelo arranjo regular de minúsculos circuitos elétricos, que podem ser projetados para terem uma propriedade eletromagnética desejada, desempenhando, assim, o papel das “moléculas” do material.

Na refração convencional, a luz sofre um desvio em sua trajetória, devido a mudança em sua velocidade; sua trajetória continua no mesmo sentido, do lado oposto da reta normal. Já na refração negativa, a luz sofre não apenas um desvio, mas também uma mudança no sentido sua trajetória; dessa forma, a luz é desviada para o mesmo lado do qual estava incidindo.

Figura 2: (a) Refração convencional. (b) Refração negativa



Fonte: Santos (2011)

A figura 3 mostra uma imagem fictícia de uma caneta mergulhada em um copo, cujo o líquido dentro do copo proporcionaria o fenômeno de refração negativa (à direita) frente ao fenômeno de refração convencional (à esquerda).



Figura 3: Analogia do fenômeno de refração negativa.

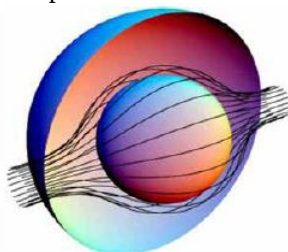


Fonte: <http://noticias.uol.com.br/ciencia/album/2013/04/26/objetos-e-materiais-enganam-a-luz-e-ficam-invisiveis.htm#fotoNav=6>

No trabalho de Santos (2011), destaca-se o início desse grande avanço, em 1967, com o físico russo Victor Veselago, sugerindo um material com índice de refração negativa, que segundo as leis da física não era impossível de criar. Porém, o autor ressalta que somente três décadas depois, em meados da década de 1990, o físico britânico John B. Pendry, concluiu, com a colaboração de outros cientistas, que seria possível criar, a partir de uma estrutura metálica, um material com índice de refração negativa. A construção do material proposto por Pendry, segundo Santos (2011), se deu somente no ano 2000, com o físico estadunidense, nascido no Japão, David R. Smith, junto com colegas da Universidade da Califórnia.

Por fim, Santos (2011) também destaca alguns avanços, como a criação da refração negativa através dos metamateriais, como a possibilidade já existente de manipular a refração negativa, de forma a controlar os desvios sofridos pela luz. Com uma combinação de metamateriais, com índices de refração positivos e negativos, pode-se criar um sistema de camuflagem, podendo fazer com que um determinado objeto fique invisível aos olhos de um observador, o que seria uma espécie de “manto da invisibilidade”. Nesse sistema de camuflagem, a luz contornaria um determinado objeto ao invés de refletir, e com isso não seria refletida por esse objeto, ficando invisível ou transparente.

Figura 4: Modelo do comportamento da luz no fenômeno de refração negativa



Fonte: Santos (2011)



Na figura acima, os metamateriais da esfera atuam fazendo com que as ondas eletromagnéticas contornem a esfera, ao invés de refletir ou refratar. Logo, para um observador a esfera se torna invisível, pois não há o fenômeno da reflexão da luz sobre a esfera, que chegaria em seus olhos. A imagem a seguir nos dá uma ideia da aplicabilidade desse fenômeno.

Figura 5: Uma simulação do que seria o manto da invisibilidade – Uma das possíveis aplicações do fenômeno de refração negativa.



Fonte: <http://www2.joinville.udesc.br/~i9/2014/07/02/o-que-e-um-metamaterial/>

Metodologia

Mediante a carência de conteúdos de FMC, em especial da Física Contemporânea, foi proposto uma pesquisa a fim de observar se a inserção de elementos da Física Contemporânea contribui para o aprendizado dos alunos. Nessa perspectiva, optou-se por uma fusão entre a Física Clássica e a Física Contemporânea, trazendo assim o conceito de refração negativa – da Física Contemporânea – dentro do ensino de óptica geométrica – da Física Clássica.

Através das aulas de física, ministradas com duas turmas do segundo ano do Ensino Médio, e apoiando-se nas ideias de Mayring (2002) sobre pesquisa-ação, foi possível realizar essa pesquisa, que se baseou na aplicação de uma sequência didática sobre refração negativa, com o objetivo de inserir uma proposta que estivesse adequada às condições de ensino, considerando o contexto do Ensino Médio de uma escola pública da cidade de São Paulo – SP, com uma média de 40 alunos por turma. No quadro a seguir apresentamos de forma sucinta o desenvolvimento da sequência didática:

Quadro 1: Sequência didática desenvolvida

Aulas	Tema	Aulas	Tema
1	Introdução ao conceito de refração	6	Exercícios de fixação



2 e 3	Aplicação de exercícios de fixação	7	Atividade em grupo: O que você faria se tivesse um manto da invisibilidade
4	Revisão sobre o conceito de refração	8	Atividade em grupo: De que forma o manto da invisibilidade poderia ser benéfico para a sociedade?
5	Introdução ao conceito de refração negativa	9	Atividade avaliativa – Quadro 2.

As aulas foram ministradas utilizando giz e lousa, promovendo a explicação dos conceitos, a partir de uma interação dialogada entre o professor e os estudantes. Também foram desenvolvidos exercícios para exemplificação do conteúdo abordado. A introdução ao conceito de refração convencional foi desenvolvida a partir do conhecimento prévio dos alunos, em relação a alguns fenômenos do cotidiano. Já as aulas de refração negativa foram desenvolvidas a partir da explicação do professor, que foi baseada no material sobre refração negativa, mencionado no item anterior deste artigo. Em seguida, foram propostas algumas problematizações quanto às possíveis aplicabilidades do conceito de refração negativa.

A sequência, mencionada acima, foi aplicada em uma turma do segundo ano do ensino médio, que chamaremos de turma A. Com uma segunda turma – a turma B – aplicamos uma sequência semelhante, porém sem a inserção do conceito de refração negativa, ou seja, até a aula 4 da sequência didática apresentada no quadro 1.

Para responder à questão da nossa pesquisa, realizou-se a coleta de dados por meio de dois instrumentos: atividade avaliativa (Quadro 2) e questionário (Quadro 3). As duas turmas, A e B, fizeram a atividade avaliativa e o desempenho delas foi comparado de maneira quantitativa, de acordo com a tabela 1. Nessa atividade avaliativa, os alunos formaram grupos de até três alunos, escolhidos por eles mesmos, totalizando 14 grupos em cada uma das turmas.

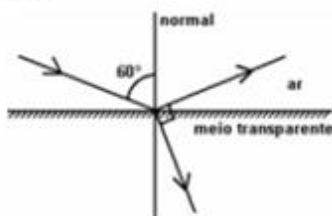
A turma A, com um total de 29 alunos, também respondeu ao questionário, que foi analisado de maneira qualitativa, utilizando o método de análise textual discursiva de Moraes (2007), criando dimensões e categorias de análise a partir das respostas dos alunos.

Quadro 2: Lista de exercícios aplicada nas turmas A e B



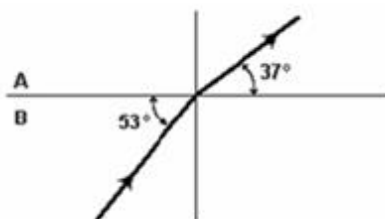
Atividade

1) Um raio luminoso que se propaga no ar ($n(\text{ar}) = 1$) incide obliquamente sobre um meio transparente de índice de refração n , fazendo um ângulo de 60° com a normal. Nessa situação, verifica-se que o raio refletido é perpendicular ao raio refratado, como ilustra a figura a seguir. Identifique na figura o:



- | | | |
|-------------------|-------------------------|--|
| a) raio incidente | d) ângulo de incidência | g) qual o índice de refração no meio transparente? |
| b) raio refratado | e) ângulo de refração | h) O que você entende por perpendicularidade. |
| c) raio refletido | f) ângulo de reflexão | |

2) Na figura adiante, um raio de luz monocromático se propaga pelo meio B, de índice de refração 2,0. Determine o índice de refração do meio A. Dados: $\sin 37^\circ = 0,60$; $\sin 53^\circ = 0,80$



Quadro 3:
Questionário
na turma B

aplicado



Questionário

- 1) A aula sobre refração negativa lhe proporcionou algum interesse pela ciência, ou em saber mais sobre este fenômeno? Por quê?
- 2) Ter estudado refração negativa lhe ajudou a entender melhor o conceito de refração de um modo geral? Justifique.
- 3) Após a aula sobre refração negativa, se você visse em uma revista, jornal, TV ou internet, uma matéria que falasse sobre refração negativa ou outro tema da física contemporânea, você se interessaria pela notícia? E antes dessa aula?
- 4) Sabendo que o conceito de refração negativa não é tão explorado nos vestibulares, você seria a favor de descartá-lo das aulas de física, para dar mais ênfase naqueles conceitos que são exigidos nos vestibulares? Por quê?
- 5) Sendo a refração negativa um conceito ligado às novas tecnologias (física contemporânea), você é a favor que as aulas de física tenham mais enfoque na física contemporânea? Justifique a sua resposta.

Resultado

Com base nos dois instrumentos de coleta de dados foram feitas duas análises: uma quantitativa e outra qualitativa, entendendo-as de forma a se complementarem, para assim chegarmos a uma ideia a respeito do aprendizado e do interesse dos alunos sobre a sequência aplicada. A tabela 1 apresenta o rendimento das duas turmas referente a atividade avaliativa, com as notas de 0 a 10:

Tabela 1: Rendimento das turmas

Grupo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Turma B	1,00	2,50	1,00	1,00	1,00	4,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	7,00	6,50	2,50
Turma A	4,50	6,00	9,50	7,50	2,50	7,00	3,00	1,00	4,00	1,00	7,50	6,00	7,50	7,00

Podemos observar que a média da turma A foi significativamente melhor que a média da turma B, ou seja, parece-nos que trabalhar com o conceito de refração negativa pode contribuir para o aprendizado do aluno, já que a turma A mostrou melhor desempenho. Uma outra hipótese a se considerar é que os alunos da turma A mostraram-se mais interessados e se envolveram mais com a resolução da atividade. O questionário, aplicado à turma A, poderá apresentar melhor a questão do



interesse do aluno.

Para a análise qualitativa, categorizamos as repostas dos alunos da turma A, averiguando tanto o aprendizado do aluno sobre o conceito de refração, com a inserção da refração negativa, como também o interesse dos alunos pela nova ciência. No gráfico 1, apresentamos o número de repostas as três dimensões criadas a partir das repostas dos alunos:

O
bservam
os no
gráfico
1 que a
maioria
das
repostas
dos
alunos
foi

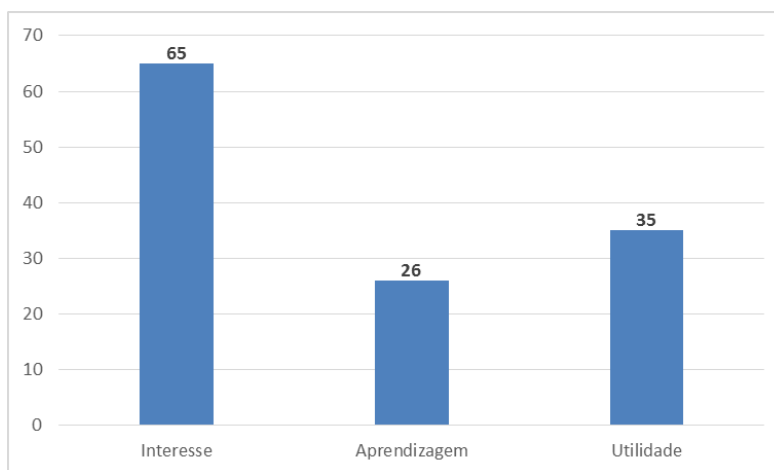
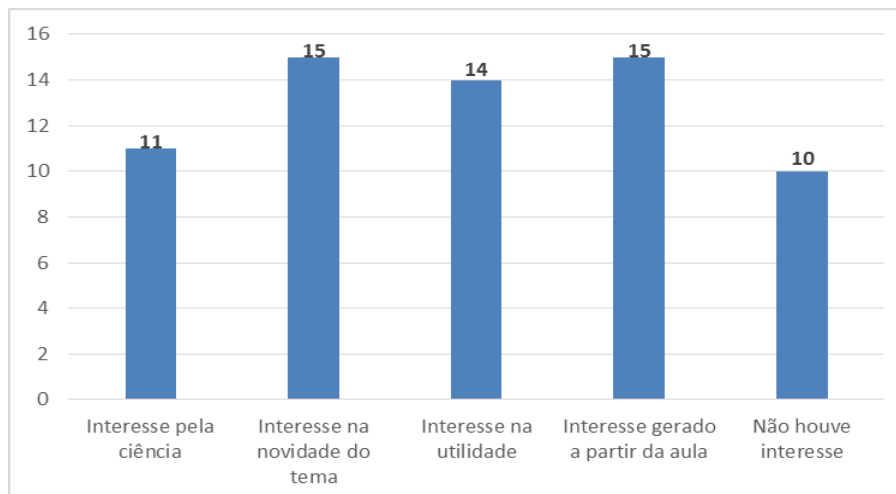


Gráfico 1: Número de repostas caracterizadas em cada dimensão

caracterizada dentro da dimensão interesse, seguida da dimensão utilidade do assunto estudado, e o menor número de repostas foi caracterizado na dimensão aprendizagem. Com isso, podemos concluir que a sequência didática promoveu muito mais o interesse do que a aprendizagem, podendo ser esse um elemento motivador para a inserção da Física Contemporânea.

A fim de melhorarmos a nossa compreensão sobre os dados apresentados no gráfico 1, criou-se categorias de análise dentro de cada dimensão. O gráfico 2, abaixo, mostra o número de repostas para as referidas categorias de interesse.



categorias
dimensão



Gráfico 2: Número de respostas caracterizadas na dimensão interesse

Pelos resultados mostrados no gráfico 2, fica evidente que a sequência aplicada despertou interesse, de diversas maneiras, na maioria dos alunos, o que evidencia as justificativas de Ostermann e Moreira (2000), para inserção da FMC no EM, e que também converge com as ideias de Freire (2011) sobre uma educação que sensibilize o estudante para a construção de um do conhecimento científico, crítico e autônomo.

No gráfico 3, apresentamos as respostas categorizadas na dimensão aprendizagem, o gráfico evidencia o porquê do menor número de respostas para esta dimensão.

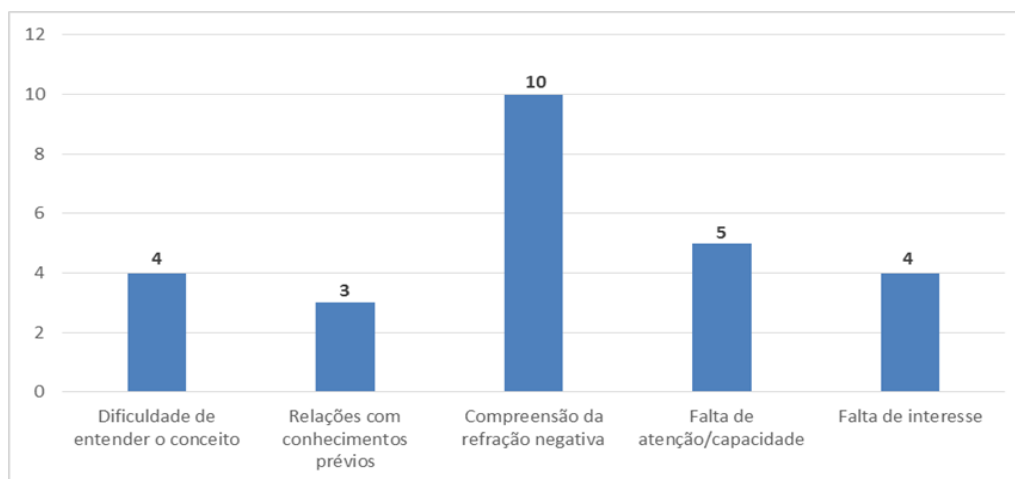


Gráfico 3: Número de respostas caracterizadas na dimensão aprendizagem

Através do gráfico 3 podemos observar que, dentre os alunos que destacam a aprendizagem do conceito como o aspecto mais relevante, o maior número de respostas se refere à compreensão do conceito de refração negativa. No entanto, em relação a aprendizagem, são apresentadas, também, respostas referentes à dificuldade de aprendizagem – falta de atenção e falta de interesse – cujo



número de respostas somadas superam o número de repostas voltadas para a compreensão da refração negativa.

Sobre este cenário, entendemos que os desafios para a inserção da Física Contemporânea – assim como a FMC – vão muito além daqueles já mencionados no início desse artigo, pois o professor, em sala de aula, também pode ter como desafio, obstáculos apresentados pelos próprios alunos. Na dimensão aprendizagem, alguns aspectos merecem atenção, como por exemplo: a defasagem no conhecimento, a baixa na autoestima, entre outros aspectos que, possivelmente, podem contribuir para a não compreensão do conteúdo ensinado.

Sendo assim, entendemos que no processo de ensino e aprendizagem, é importante que seja levado em consideração não apenas a complexidade do conteúdo a ser discutido, mas também o perfil do aluno presente na sala de aula, pois segundo Freire (2011) para que se desenvolva no aluno capacidade crítica sobre o mundo em que vive, o professor deve não apenas respeitar os conhecimentos prévios do seu aluno, mas também suas limitações e suas origens, abrindo discussões referente a problemas enfrentados diariamente por eles. É importante que o professor deixe claro ao aluno, que seu aprendizado na escola lhe dará a formação para que atue como um cidadão crítico e autônomo na sociedade, podendo então assumir-se como ser histórico e sociológico, enxergando o seu papel comunicante, transformador, criador e realizador de sonhos.

Por fim, o gráfico 4 refere-se as respostas categorizadas na dimensão pragmática/utilitária, com destaque para a categoria sobre a importância do tema para a aprendizagem, seguida da categoria referente as tecnologias do dia-a-dia.

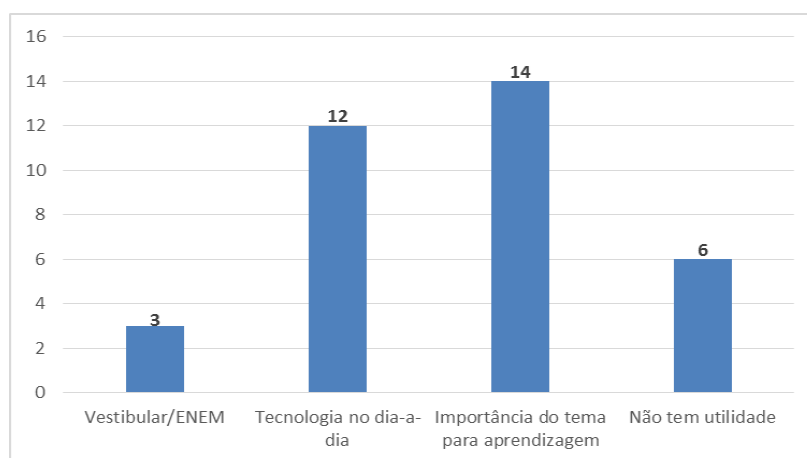


Gráfico 4: Número de respostas caracterizadas na dimensão pragmática/utilitária

Assim como no gráfico 3, observamos no gráfico 4 que o aprendizado sobre o conceito



ensinado tem alguma aplicabilidade, justificando a sua importância no ensino de física, principalmente no que se refere a importância do aprendizado em si, bem como o interesse em compreender a física das tecnologias atuais, estando, também, em acordo com as justificativas apresentadas por Ostermann e Moreira (2000), para inserção da FMC no EM.

Considerações finais

Com base nos resultados obtidos e nas análises dos quatro gráficos apresentados, sobre as respostas dos alunos, a pesquisa realizada, através da sequência didática, aplicada com as duas turmas do segundo ano do Ensino Médio, entendemos que a inserção de elementos da Física Contemporânea influencia positivamente no aprendizado do aluno.

Por outro lado, entendemos que a dificuldade no aprendizado deve ser observada não apenas em relação à complexidade do conteúdo a ser ensinado, mas também em relação a outros aspectos apontados pelos próprios alunos como, por exemplo, a defasagem no aprendizado, a dificuldade em fazer relação de um conceito já aprendido com o conceito recentemente apresentado, a baixa autoestima, entre outros.

Logo, o que podemos afirmar com segurança é que os alunos têm interesse por temas atuais e ligados as novas tecnologias, o que nos leva a acreditar que a escolha por determinados conteúdos, não deveria estar vinculada somente a sua complexidade, mas também às condições de ensino que lhes são oferecidas, considerando a forma como eles são preparados antes de chegarem no ensino médio, as metodologias e estratégias adequadas à faixa etária e aos interesses dos estudantes.

Referências

BRASIL. Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+ – Ensino Médio). Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Ministério da Educação e dos Desportos - MEC; SEMTEC, Brasília – DF, 2002.

FREIRE, Paulo. Pedagogia da autonomia: Saberes necessários à prática educativa. São Paulo, Paz e Terra, 2011.

GIRCOREANO, José Paulo; PACCA, Jesuína Lopes de Almeida. O ensino da óptica na perspectiva de compreender a luz e a visão. Caderno Catarinense de Ensino de Física. v. 18, n.1: p. 26-40, abr. 2001.



MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. Técnicas de Pesquisa: Planejamento e execução de pesquisa, amostragens e técnicas de pesquisa, elaboração, análise e interpretação de dados. 7ª Edição – São Paulo: Atlas, 2011.

MAYRING, P. Introdução a Pesquisa Social Qualitativa. Uma introdução para pensar qualitativamente. 5ª ed. Weinheim: Beltz, 2002.

MORAES, R. Mergulhos Discursivos – Análise Textual Qualitativa Entendida como Processo Integrado de Aprender, Comunicar e Interferir em Discursos. In: Metodologias Emergentes de Pesquisa em Educação Ambiental. Maria do Carmo Galiazzy e José Vicente de Freitas (organizadores). 2ª Edição, Pp.85-114. 2007.

OSTERMANN, Fernanda; MOREIRA, Marco Antônio. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa “física moderna e contemporânea no ensino médio”. Investigações em Ensino de Ciências. Vol. 5(1), pp. 23-48, 2000.

SALES, Gilvandenys Leite; VASCONCELOS, Francisco Herbert Lima; CASTRO FILHO, José Aires de; PEQUENO, Mauro Cavalcante. Atividades de modelagem exploratória aplicada ao ensino de física moderna com a utilização do objeto de aprendizagem pato quântico. Revista Brasileira de Ensino de Física, Vol. 30 (3), 2008.

SANTOS, Walter da Silva. REFRAÇÃO, AS VELOCIDADES DA LUZ E METAMATERIAIS. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

TERRAZZAN, Eduardo. A Inserção da Física Moderna e Contemporânea no Ensino de Física na Escola de 2º grau. Cad.Cat.Ens.Fís., Florianópolis. v.9,n.3: p.209-214, 1992.