

## A TERRA SOB A ÓPTICA DA GRAVIDADE: UMA PROPOSTA INTERDISCIPLINAR PARA O ENSINO DE FÍSICA

*The earth from the perspective of gravity: an interdisciplinary proposal for the teaching physics*

**Marcela Nicoli Altoé**<sup>1</sup>, [marcela\_nicoli@yahoo.com.br]  
**Marcelo Esteves de Andrade**<sup>2</sup>, [marcelo.andrade@ifes.edu.br]  
**Luiz Otavio Buffon**<sup>2</sup> [buffon@ifes.edu.br]

<sup>1</sup>*Coopeducar - Centro de Educação, Cultura e Saber.  
R. Paineiras, 26 Vila Betânia, Venda Nova do Imigrante- ES*

<sup>2</sup>*Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Cariacica,  
Rod. Gov. José Henrique Sette, 184 – Itacibá, Cariacica*

Recebido em: 10/05/2022

Aceito em: 21/10/2022

### Resumo

No discurso pedagógico contemporâneo, a ideia de que os conteúdos curriculares das diversas disciplinas devem ser trabalhados de forma integrada é muito presente. Porém, o que geralmente se percebe é que as práticas pedagógicas nas escolas apresentam os conteúdos de uma forma fragmentada e desarticulada. Neste trabalho apresentamos a implementação e avaliação de uma proposta didática para o Ensino de Física em nível médio, que explorou a forma como alguns princípios físicos são utilizados na investigação geológica da subsuperfície da Terra. Tendo a gravidade como temática central, buscou-se uma abordagem interdisciplinar a partir de tópicos de Física com conteúdos relacionados à Geofísica. Visando a elaboração de uma sequência didática dialógica e problematizadora, foi utilizada como metodologia de ensino a dinâmica dos Três Momentos Pedagógicos, buscando sempre instigar, como também clarificar os estudantes sobre como ocorre o conhecimento do interior do planeta, vinculando o conteúdo aprendido em sala de aula à sua utilidade prática. Foram utilizados vários recursos e instrumentos didáticos, tais como textos, atividades experimentais, simulações computacionais e discussões em grupo. Nesta experiência de ensino foi possível observar que a utilização de estratégias didáticas de cunho interdisciplinar, pode ajudar os estudantes a desenvolverem uma visão mais realística do conhecimento científico, na medida em que foi necessária a articulação entre diferentes áreas para um melhor entendimento dos diversos fenômenos naturais abordados nas problemáticas apresentadas.

**Palavras chave:** Ensino de Física; Interdisciplinaridade; Geofísica; Três Momentos Pedagógicos.

### Abstract

This article presents a didactic proposal for the Teaching of Physics in high school, using the application of some physical principles for the geological investigation of the Earth's subsurface. With gravity as the central theme, an interdisciplinary approach was sought based on physics topics with content related geophysics. Aiming to elaborate a dialogical and problematizing didactic sequence, the teaching methodology of the Three Pedagogical Moments (3MP) was used, always seeking to instigate, as well as clarify the students about how the knowledge of the interior of the planet occurs. We always tried to relate the content learned in the classroom with practical applications. Various teaching resources and tools were used, such as texts, computer simulations, experimental activities, group discussions. There was great interest, participation and engagement of students throughout the development of the proposal and the performance of activities. At the end

of the proposal, a questionnaire was applied containing questions related to the concepts worked on. From the categorization and analysis of the students' responses, it can be concluded that there were indications that they appropriated the concepts worked on and also their applications.

**Keywords:** Physics teaching; Interdisciplinarity; Geophysics; Three Pedagogical Moments.

## 1. Introdução

Os conceitos iniciais de Física e a forma como eles são abordados durante o período da escola básica são elementos que influenciam a motivação, a curiosidade e a divulgação do conhecimento científico dessa área. Despertar o interesse pela ciência é fundamental para a formação integral do aluno e, para isso, expor a ele situações onde o conteúdo visto em sala de aula é aplicado pode ser de grande valia. Num mundo globalizado tornou-se imprescindível que o ser humano seja capaz de desenvolver uma postura crítica mais apurada em relação ao bombardeio de informações que recebe cotidianamente, seja para se certificar de sua veracidade ou mesmo para transformá-la em conhecimento operativo no dia a dia.

Souza, Bastos e Angotti (2007) destacam que há certo distanciamento e incompreensão das atividades desenvolvidas por cientistas, pela maioria das pessoas. Segundo os autores, elas sempre têm algo a dizer a respeito de assuntos relacionados a futebol, religião, e outros do dia a dia, mas se estiver relacionado à ciência e tecnologia, que é e está no seu cotidiano, as pessoas não se envergonham de dizer que desconhecem o assunto. Da extensa gama de aplicações dos princípios físicos, podemos destacar o uso da Física para a investigação geológica, tema em grande destaque atualmente, tanto pela busca por recursos minerais como o petróleo, ou mesmo para o estudo das camadas mais profundas da Terra e até de outros planetas. Uma das grandezas físicas mais utilizadas nesta busca é a aceleração gravitacional, onde as análises dos parâmetros responsáveis por variações em seu valor podem ser relacionadas às propriedades da subsuperfície.

A aceleração da gravidade é provavelmente uma das grandezas físicas mais conhecidas no mundo e, apesar de bastante discutida na educação básica, muitas concepções equivocadas a seu respeito são mantidas, como supô-la constante e invariável ao longo da superfície do nosso planeta. Mais ainda, é pouco sabido como pequenas variações em seu valor, podem ajudar na descoberta da subsuperfície de maneira extremamente significativa. O estudo dessas variações chama-se Gravimetria, sendo uma das áreas estudadas pela Geofísica. Além dela, outras propriedades físicas da subsuperfície podem ser utilizadas, tais como a velocidade de propagação de uma onda ou a condutividade elétrica. A Geofísica é a área das Geociências responsável por essas investigações que acontecem sempre de maneira indireta, isto é, utiliza-se de teorias e análises de medidas para fazer suposições a respeito do que está no interior do subsolo, onde não é possível ser analisado diretamente através de amostras. Trabalhando em diferentes escalas, os métodos geofísicos podem ser aplicados a uma gama de investigações, desde a das partes mais profundas da Terra e de outros planetas, como para a exploração mineral de petróleo e minério de ferro, por exemplo. Há uma ampla variedade de métodos geofísicos que podem ser utilizados em determinada investigação, valendo-se cada um de uma propriedade física inerente respondendo a um determinado campo de aplicações.

Segundo Molina (2002), a divulgação científica na área de Geofísica no país é pouco explorada, talvez pelo fato de ser uma área relativamente nova no Brasil e que apesar dos fenômenos relacionados a esta ciência, como também suas aplicações estarem constantemente na mídia, poucos sabem o que é Geofísica, como também seus métodos e resultados. O autor também alerta para o fato de que existem poucos materiais didáticos e de divulgação desta área para os professores que atuam com as disciplinas de ciências.

Neste contexto, o objetivo deste artigo é descrever uma proposta de ensino, desenvolvida no contexto da disciplina de Física em turmas de nível médio, através de uma abordagem interdisciplinar utilizando a gravidade como tema central, de modo a ampliar os conhecimentos científicos e tecnológicos, relacionados à investigação do interior de nosso planeta, visando o desenvolvimento do pensamento crítico científico dos estudantes. Outros conceitos adjacentes também foram utilizados para alcançar esses objetivos, tais como densidade, empuxo e força elástica.

## 2. Referencial Teórico-metodológico

Para orientar o planejamento e a aplicação da proposta de ensino, utilizamos alguns conceitos oriundos da abordagem interdisciplinar, como também a metodologia conhecida como Três Momentos Pedagógicos (3MP). Nesta seção discutiremos os aspectos teóricos que serviram de base para o desenvolvimento da proposta de ensino.

### 2.1 A abordagem interdisciplinar

Uma possível falha do processo educacional em nossas escolas, é que, geralmente, os conhecimentos são apresentados de um modo fragmentado onde os conteúdos não conversam entre si, resultando na percepção enganosa de que o mundo científico, tecnológico e social em que vivemos é fracionado em áreas, em vez de que sua compreensão só se dá através das interconexões do conhecimento. Se trabalhadas de maneira descontextualizadas e distantes do mundo experiencial dos alunos, as disciplinas dificultam a construção e a compreensão de nexos para a estruturação do conhecimento, tornando o conteúdo escolar sem significado, maçante e distante da realidade do estudante.

Assim, essa fragmentação dos saberes acaba traindo a autêntica razão de ser da instituição escolar, que busca preparar cidadãos que compreendem, julgam e interveem em sua comunidade, capazes de participar da cultura científica, como também de criticarem de maneira embasada, informações recebidas cotidianamente (Santomé, 1998). De maneira a ampliar o olhar crítico dos alunos, e também para servir como alternativa para o aluno compreender e aprender, uma das perspectivas de ensino possível é a interdisciplinaridade. Hilton Japiassu, um dos precursores desse assunto no Brasil, afirma que uma das razões que justifica o uso da interdisciplinaridade como proposta deve-se ao fato que ela:

Amplia a formação geral de todos quantos se engajam na pesquisa científica especializada, permitindo-lhes descobrir melhor suas aptidões, assegurar melhor sua orientação a fim de definir o papel que deverá ser o seu dentro da sociedade, ‘aprender a aprender’, situar-se melhor no mundo de hoje, compreender e criticar todas as informações recebidas. (Japiassu, 1976, p. 32)

Embora muito discutido no âmbito educacional, o conceito de interdisciplinaridade não possui um sentido único, claro e conciso, com as discussões ocorrendo num âmbito genérico, e mesmo entre os estudiosos da área, não há um consenso sobre o assunto. Podemos interpretá-la como uma abordagem que proporciona a integração das disciplinas e de seus conteúdos, direcionando o estudante à compreensão das relações existentes no objeto de estudo, se possível, perpassando a sua realidade (Rego, 2017). No campo epistemológico, Japiassu (1976) define que “a interdisciplinaridade caracteriza-se pela intensidade das trocas entre os especialistas e pelo grau de interação real das disciplinas no interior de um mesmo projeto de pesquisa”. Em seu sentido pedagógico, Fazenda (2011) direciona a interdisciplinaridade como uma forma de alcance de uma aprendizagem efetiva, de grande importância metodológica. Nas palavras da autora:

[...] que a atitude interdisciplinar seja uma decorrência natural da própria origem do ato de conhecer, necessária se faz num plano mais concreto sua formalização, e, assim sendo, pode-se dizer que necessita da integração das disciplinas para sua efetivação. Entretanto, essa integração não pode ser pensada apenas no nível de integração de conteúdos ou métodos, mas basicamente no nível de integração de conhecimentos parciais, específicos, tendo em vista um conhecer global. (Fazenda, 2011, p. 12)

Apesar de não haver uma concepção única a respeito da interdisciplinaridade, entre todos os pesquisadores da área, há convergência de que para que ela aconteça é necessário que sempre haja integração dos conhecimentos, de maneira a dar origem a novos questionamentos, ampliando a visão da própria realidade e nunca como uma simples agregação de conteúdos. É preciso que fique claro também, que em nenhum momento é proposto o indeferimento da disciplinaridade, ou mesmo a criação de novas disciplinas, em nome da interdisciplinaridade, mas sim que ela seja construída através das disciplinas.

Não há como abordar a interdisciplinaridade sem mencionar outro princípio básico que fundamenta a elaboração de uma proposta didática: a contextualização do conhecimento. A essência desse princípio é contribuir para a aprendizagem do aluno, dando sentido aos conhecimentos escolares. É preciso atenção, para que não nos restrinjamos a simplesmente exemplificar as aplicações de um determinado conhecimento no cotidiano.

## 2.2 Os três momentos pedagógicos

A metodologia de ensino denominada Três Momentos Pedagógicos (3MP) caracteriza-se como uma dinâmica pedagógica, inicialmente abordada por Demétrio Delizoicov, no início dos anos de 1980, como uma tentativa de promover a transposição da concepção de educação de Paulo Freire para o espaço de educação formal (Muenchen & Delizoicov, 2012). Hoje, a partir das diversas contribuições, como o notável livro “Ensino de Ciências: fundamentos e métodos” (Delizoicov, Angotti & Pernanbuco, 2018), esta dinâmica utiliza-se de uma abordagem temática, onde a conceituação científica de programação dos conteúdos de ensino das disciplinas se subordina ao tema, a partir de uma perspectiva dialógica e problematizadora. Os 3MP estão divididos da seguinte maneira: Problematização Inicial, Organização do Conhecimento e Aplicação do Conhecimento.

Na Problematização Inicial (PI), o professor introduz o tema e apresenta aos alunos a problematização que norteará as discussões precedentes nas próximas etapas. Para isso, o professor pode fazer uso de questões, situações, vídeos, textos ou algum outro artifício que provoque a discussão entre os alunos. Mais do que simples motivação para se introduzir um conteúdo específico, a problematização inicial visa à ligação desse conteúdo com situações reais que os alunos conhecem e presenciam, mas que não conseguem interpretar completa ou corretamente porque, provavelmente não dispõem de conhecimentos científicos suficientes (Delizoicov & Angotti, 1991).

No segundo momento, a Organização do Conhecimento (OC), os conhecimentos necessários para as respostas da PI são estudados de maneira sistemática, sob orientação do professor. Ele se baseia na ideia de que os alunos busquem nos conceitos estudados as respostas para as inquietações da PI. Diversas estratégias podem ser adotadas para o estudo dos conteúdos: leitura de textos, resoluções de problemas, aula expositiva dialogada, trabalho extraclasse, experiências realizadas pelos alunos ou pelo professor, dentre outras que possam se mostrar viável. É importante destacar que o conhecimento científico não deve ser exposto de maneira estanque, mas sempre em construção, de maneira não acabada, acessível como também relacionado ao cotidiano dos estudantes.

Na última etapa, a Aplicação do Conhecimento (AC), ocorre a retomada das situações iniciais como também são propostas novas situações, de maneira a analisar se o conhecimento foi realmente incorporado pelo aluno. Os conceitos discutidos e as novas concepções devem ser

utilizados para conceber respostas às questões ou situações constituídas na Problematização Inicial. Indo além, os conceitos aprendidos podem ser retomados através de novas situações propostas, que usam do mesmo conhecimento para serem explicadas.

### 3. Estrutura e aplicação da proposta de ensino

A partir das ideias descritas na seção anterior, foi planejada então uma proposta de ensino para ser aplicada em turmas de nível médio, tendo a gravidade como conceito estruturador e a investigação da subsuperfície como tema geral. A proposta foi planejada para ser executada a partir de uma problematização inicial mais ampla, e as atividades foram desenvolvidas a partir de seis temas. No quadro 1 temos uma visão da geral da divisão da sequência de ensino e suas etapas.

**Quadro 1.** Estrutura da Proposta de Ensino baseadas no 3MP

PI	Problematização Inicial da sequência didática: <i>“É possível analisar o interior de nosso planeta sem que haja amostras da subsuperfície?”</i>	
OC	<b>TEMA</b>	<b>ASSUNTO</b>
	I	A aceleração gravitacional e sua variação devido à forma da Terra
	II	Composição química e zoneamento do planeta
	III	A aceleração gravitacional e sua variação devido à distribuição de massa no planeta
	IV	Princípio da fluabilidade e sua aplicação em subsuperfície
	V	Medida da gravidade e a queda livre dos corpos
	VI	Medida da gravidade e uma balança
AC	Retomada da PI e nova situação proposta: <i>“Alguma outra propriedade física, além da gravidade, poderia ser útil para a análise do subsolo, de maneira a encontrar petróleo, por exemplo? Alguma mudaria devido aos fluidos?”</i>	

**Fonte:** Os autores

A proposta de ensino foi então aplicada numa escola da rede privada de ensino no município de Venda Nova do Imigrante, interior do estado do Espírito Santo, Brasil, no ano de 2019, onde a professora, uma das autoras deste artigo, exerce sua função como docente na disciplina de física. As atividades foram desenvolvidas no contraturno das aulas regulares, em 8 encontros de 2 horas duração, contando com a participação de 21 alunos do Ensino Médio da instituição, sendo 14 cursistas da 2ª série e 7 cursistas da 3ª série. A pesquisa foi aplicada nas duas turmas de maneira simultânea, estando ambas as turmas juntas na mesma sala de aula. Em algumas das atividades planejadas, os sujeitos participantes foram divididos em grupos, separados pela professora, de maneira a mesclar alunos da 2ª e 3ª séries.

**Quadro 2** – Divisão dos encontros e atividades desenvolvidas

Encontro - Etapa		Atividades desenvolvidas
Encontro 1	PI	Aula dialogada leitura e discussão de textos
Encontro 2	OC - Tema 1	Exposição dos tópicos – Exploração de uma simulação PHET
Encontro 3	OC - Tema 2	Leitura de textos – Exploração de tabela periódica digital
Encontro 4	OC - Tema 3	Atividade experimental: Medindo da densidade de rochas
Encontro 5	OC - Tema 4	Exposição dos tópicos – Exploração de uma simulação PHET
Encontro 6	OC - Tema 5	Atividade experimental: Aceleração da gravidade
Encontro 7	OC - Tema 6	Atividade experimental envolvendo: Balança de molas
Encontro 8	AC	Discussão sobre o Pré-Sal brasileiro

Fonte: Os autores

### 3.1. Introdução da proposta de ensino: A Problematização Inicial (PI)

No primeiro encontro, inicialmente foi explicado aos estudantes o caráter da proposta, seus objetivos e a metodologia que seria utilizada, como também que ela seria utilizada para fins de pesquisa, de forma que os alunos receberam um Termo de Consentimento Livre Esclarecido sobre o que se tratava a pesquisa. As atividades foram então iniciadas a partir da problematização geral. O objetivo desse momento foi problematizar a respeito da investigação do interior da Terra, despertando os alunos para o fato de que as profundidades já alcançadas pelo homem, de maneira direta, são ínfimas quando comparadas ao raio do planeta. Uma imagem do interior da Terra foi projetada usando um projetor multimídia juntamente com a questão:

*“Qual foi a maior profundidade alcançada pelo homem?”*

Muitos alunos se pronunciaram dizendo não ter noção de uma possível resposta. Mas, alguns deles mencionaram a Fossa das Marianas, no Pacífico, como a maior profundidade alcançada pelo homem. Após as discussões iniciais foi realizada a leitura coletiva de dois breves textos “Qual é a maior profundidade do oceano e até onde o homem já conseguiu descer?” e “O buraco mais profundo já cavado na Terra”. Ao fim da leitura, alguns pontos foram destacados pelo professor, e depois de um breve momento de discussão as seguintes questões foram colocadas para os estudantes:

*“Como obter informações do restante dos 6400 km?”*

*“Tudo que sabemos a respeito do interior do nosso planeta foi visto diretamente, isto é, através de amostras?”*

*“É possível analisar o interior de nosso planeta sem que haja amostras da subsuperfície?”*

Um aluno comentou a respeito da ultrassonografia, mas não soube explicar como ou de que maneira a imagem era formada. Outro aluno citou o sonar, comentando sobre o uso da reflexão das ondas para se ter noção de profundidade. A professora conduziu uma discussão inicial sobre o tema, e após esta interação com os alunos, foi explanado que esses questionamentos não seriam totalmente respondidos naquele momento, mas seriam retomados nas discussões seguintes nos próximos encontros.

### 3.2. Desenvolvimento dos Temas: A Organização do Conhecimento (OC)

No segundo encontro deu-se início ao estudo dos seis temas propostos. O tema um, *A aceleração gravitacional e sua variação devido à forma da Terra*, foi iniciado a partir das seguintes questões:

*“De que fatores dependem a gravidade na superfície da Terra?”*

*“A gravidade tem sempre o mesmo valor em qualquer ponto da superfície da Terra?”*

Uma das estudantes se pronunciou dizendo que a gravidade diminuía quando nos afastávamos da Terra, dando o exemplo da flutuação dos astronautas na estação espacial. Outro estudante comentou que a gravidade era menor na Lua, mas não sabia explicar o porquê. Um terceiro estudante citou que ela era constante, mas poderia ser alterada se mudássemos a massa da Terra. Após algumas discussões foi apresentado o modelo da força gravitacional a partir do simulador computacional Laboratório de Força Gravitacional<sup>1</sup>, da plataforma *Phet – Interactive Simulations*, da Universidade do Colorado. O simulador foi projetado por um projetor multimídia, e os alunos também acessaram o programa a partir de seus celulares e computadores. Durante o uso do simulador a discussão se voltou para a intensidade da força gravitacional, e foi solicitado que os alunos explorassem as diversas possibilidades a partir da modificação dos parâmetros no simulador. Em seguida, foi colocado no quadro os valores da massa e o raio médio da Terra e foi questionado qual seria então o valor da força gravitacional entre eles e o planeta.

A professora apresentou simultaneamente a 2ª Lei de Newton e a Lei da Gravitação de Newton. Uma comparação foi feita entre as duas equações no quadro, demonstrando que aceleração gravitacional dependia dos valores da constante gravitacional, da massa da Terra e da distância considerada como seu raio. Neste momento, foi retomado o conceito de aceleração e como esse valor dependia apenas de parâmetros relacionados à Terra e não da outra massa envolvida. O termo gravidade foi mencionado pela primeira vez, acentuando que a gravidade e a aceleração gravitacional eram acelerações, mas que possuíam uma pequena diferença, já que a gravidade dependia de mais um fator além da massa e distância da Terra. Para melhor esclarecer essa influência, foi proposto aos alunos a leitura do texto “A influência da rotação da Terra sobre a medida da gravidade”, elaborado pela professora a partir de diferentes referências.

Um aluno fez a leitura do texto em voz alta, havendo pausas para discussões a respeito do conteúdo abordado. Ao fim da leitura, foi retomada a discussão sobre quais parâmetros influenciavam na medida da gravidade. A primeira delas foi realizada através da figura da Terra, projetada em tela, com os valores do raio polar e do raio equatorial do planeta, seguida da questão:

*“Se a Terra não é perfeitamente esférica, a gravidade será a mesma em sua superfície?”*

Nesse momento, os alunos foram enfáticos em suas respostas, afirmando que não. Coube a professora chamar a atenção dos alunos para o fato de que a variação dos raios equatorial e polar é muito pequena, quando comparada ao tamanho do planeta, logo a variação também será, portanto imperceptível aos nossos sentidos.

No terceiro encontro, foi trabalhado o tema dois, *composição Química e zoneamento do planeta*, a partir da discussão iniciada ao fim do tema anterior, foi retomada a problematização sobre as propriedades do interior da Terra, através de perguntas relacionadas à composição do planeta como também a possibilidade de seu interior ser homogênea. Foi então realizada a leitura do texto “A Terra primitiva: formação de um planeta em camadas”. No parágrafo em que é citada a formação da Lua, os alunos ficaram muito curiosos, várias perguntas foram feitas sobre o assunto, algumas relacionadas a outras teorias, como a Lua ter sido capturada pela Terra. Ao fim da leitura, a discussão se voltou para os elementos químicos e sua abundância no planeta, onde algumas reflexões a respeito da exploração mineral, principalmente em relação aos metais, foram feitas. Foi proposto aos alunos

<sup>1</sup>[https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulations/gravity-force-lab](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/gravity-force-lab)

acessarem a PTable<sup>2</sup>, uma tabela periódica interativa, onde foi sugerido que eles investigassem as propriedades de alguns elementos mais abundantes no planeta, como Oxigênio, Silício, Ferro, Alumínio e Magnésio. Nessa atividade, o que mais despertou o interesse foi a abundância dos elementos químicos. A tabela traz uma estimativa em relação ao universo, à Terra e à crosta terrestre. Direcionando a discussão para a crosta terrestre, iniciou-se uma explanação sobre as rochas que formam a crosta, os minerais que formam as rochas, e como se dá a formação dos minerais. Para fomentar essa discussão, uma série de amostras de diferentes minerais foi distribuída na sala para que os alunos as analisassem.

Alguns métodos de identificação mineral foram demonstrados, como a fluorescência e a reação ao ácido clorídrico da calcita, o magnetismo da magnetita e a clivagem da mica. Os alunos se mostraram curiosos e entusiasmados com a análise das amostras. Aproveitando as amostras, foi dado um destaque para os diferentes tipos de rochas disponíveis. Foi solicitado aos alunos que descrevessem quais diferenças eram visíveis em cada um dos tipos, principalmente nas sedimentares. De maneira a iniciar a problematização do próximo tema, algumas propriedades de cada amostra começaram a se destacar, como a diferença no peso de cada uma delas, ou a fragilidade de algumas amostras sedimentares.

No quarto encontro, o tema três foi iniciado, *A aceleração gravitacional e sua variação devido à distribuição de massa no planeta*, retomando a questão da gravidade, e a problematização se deu a partir das seguintes questões:

*“Seria possível haver mais massa sobre uma região?”*

*“A força gravitacional nesse ponto seria maior?”*

Num primeiro momento, retomando a Lei da Gravitação, o objetivo foi tentar relacionar um acúmulo de massa na crosta a uma variação na gravidade nessa região. Diferentemente das respostas do tema um, os alunos mostraram maior segurança nas respostas quando relacionaram a equação à pergunta, dando a impressão que o grupo havia conseguido fazer a correlação entre ambos. Um aluno comentou: “se tiver uma montanha inteira de magnetita, a gravidade vai aumentar muito”. Também foi retomado o conceito de densidade, analisando sua equação para desenvolver suas relações de proporcionalidade.

Os alunos aparentaram dominar estes conceitos, possuindo uma boa noção sobre o assunto. De modo a colocar essas ideias na prática, a sala foi dividida em 5 grupos. Algumas amostras de diferentes tipos de rochas foram disponibilizadas, além de um béquer graduado e uma balança. Através das medidas de massa e volume, os alunos encontraram a densidade das amostras, sendo proposta uma discussão sobre as diferentes características de cada uma delas e como alguma delas podem interferir sobre os valores de suas respectivas densidades. Eles se mostraram muito surpresos com as medidas da densidade de uma amostra rica em magnetita, devido a grande diferença em relação às demais. Na figura 1 podemos observar um grupo de alunos realizando a prática proposta.

---

<sup>2</sup><https://ptable.com/?lang=pt#Propriedades>



**Figura 1.** Atividade experimental envolvendo a medição da densidade de rochas

Fonte: Arquivo dos autores

No quinto encontro, a partir do tema quatro, *Princípio da flutuabilidade e sua aplicação em subsuperfície*, a discussão foi iniciada tratando do valor da gravidade sobre as mais altas montanhas do planeta: as Cordilheiras dos Andes e o Himalaia. Os alunos foram bastante enfáticos sobre seu valor ser menor devido ao afastamento do centro do planeta, apesar de alguns comentários a respeito da influência de uma maior quantidade de massa aumentar sua medida. De maneira a instigar a discussão, o mapa de anomalia gravimétrica da América do Sul foi projetado e juntamente com algumas informações sobre como as anomalias detectadas por Pierre Bouguer e George Everest eram demasiadamente diferentes do que poderia se esperar devido aos dois efeitos, valores muito menores do que o previsto. Dialogando e problematizando a respeito, foi questionado aos estudantes se haveria algum fator responsável por uma diferença tão exorbitante a partir da seguinte questão:

*Seriam, coincidentemente, as duas montanhas formadas por rochas de densidades tão pequenas?*

*Havia algum sentido geológico nisso?*

Visando fornecer elementos para a compreensão da situação apresentada, foi destacado o estudo da flutuabilidade dos corpos, com foco na grandeza física empuxo, retomando a sua equação e a sua relação direta com o volume de fluido deslocado por um corpo. Para dar maior suporte as ideias desenvolvidas, mais uma vez foi utilizado uma simulação da plataforma Phet. Dessa vez foi utilizada a simulação Parque da Flutuabilidade<sup>3</sup>. Os alunos se dividiram em grupos e foram propostas questões a serem respondidas a partir da análise de situações no simulador. Os alunos se mostraram muito interessados e curiosos com as situações propostas. Na sequência, uma figura com as densidades médias das camadas internas da Terra foi projetada e começou-se uma discussão sobre as diferentes densidades entre as camadas do planeta. Foi destacada a diferença entre as densidades da crosta e do manto, dando ênfase também a diferença entre os estados físicos das duas camadas, a crosta sólida e rígida e o manto com seu comportamento plástico. Por fim, foi trabalhado com os alunos como os processos de erosão da crosta juntamente com a flutuabilidade influenciam na geologia regional, devido ao soergimento de rochas formadas a grande profundidade em nível de superfície.

<sup>3</sup>[https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulations/buoyancy](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/buoyancy)

No sexto encontro foi desenvolvido o tema cinco, *Medida da gravidade e a queda livre dos corpos*, embasando o assunto na gravimetria. Uma imagem de um gravímetro absoluto foi projetada com os dados relevantes do equipamento, como a utilização de relógio atômico para a medição do tempo. Na sequência foi proposta a seguinte questão:

*Quais métodos podem ser usados para a medição da gravidade?*

Depois de algumas discussões e de maneira a se colocar em prática as ideias desenvolvidas, foi proposta aos alunos uma atividade experimental envolvendo a medida da gravidade a partir da queda de um objeto, utilizando régua e cronômetro. Para isso, mais uma vez a turma se dividiu em pequenos grupos para realizarem a atividade experimental. Os grupos se envolveram bastante na atividade e se mostraram bem metódicos com a coleta de dados. Eles mediram o tempo de queda do objeto e sua altura, e a partir de equações cinemáticas chegaram aos valores da gravidade. Por fim as respostas dos grupos foram compartilhadas, foram discutidas as dificuldades para realizar as medidas e como aparelhos mais sofisticados permitem uma melhor precisão. Esse diálogo foi importante de maneira a sistematizar as ideias desenvolvidas ao longo da aplicação.

No sétimo encontro, o tema seis, *Medida da gravidade e uma balança*, foi iniciado com as seguintes questões:

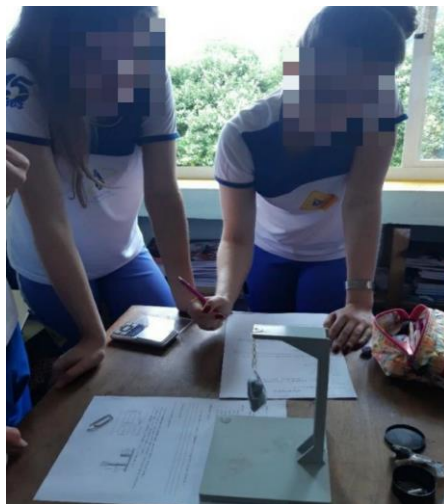
*Não haveria uma maneira mais simples de calcularmos a variação da gravidade entre dois locais?*

*O que mede uma balança?*

*Como essa medida é aferida?*

Durante o diálogo, um dos alunos mencionou sobre a balança usada nas peixarias, onde se pendura o objeto em uma mola. Outro aluno colocou que se nos pesássemos na Lua o valor seria diferente porque ela “nos puxaria menos”. A aula seguiu com uma breve retomada sobre a força elástica e sobre equilíbrio dos corpos em um sistema massa-mola. Foi discutida a relação entre a deformação de uma mola e a força gravitacional para um sistema de um objeto pendurado numa mola, chegando à relação matemática usada nas balanças para aferir a massa de um corpo. Propôs-se então, que a sala se dividisse em pequenos grupos para a realização de uma prática experimental cujo objetivo era a montagem de uma balança de mola. Foi perguntando aos grupos se haveria possibilidade de medirmos a massa de um objeto apenas com os objetos disponibilizados e como faríamos isso. Após alguns minutos, as respostas foram compartilhadas entre os grupos e a professora fez uma breve explanação sobre como a prática deveria proceder. A figura 2 mostra um dos grupos realizando a prática proposta.

**Figura 2.** – Estudantes realizando a atividade experimental: Balança de mola



Fonte: Arquivo dos autores

Ao fim da realização, cada grupo apresentou os resultados encontrados e foi realizada uma discussão e comparação dos resultados.

### **3.3. Fechamento da proposta de Ensino: Aplicação dos conhecimentos (AC)**

No oitavo encontro, a professora solicitou que os alunos retomassem os tópicos abordados durante todos os outros momentos enquanto anotava no quadro alguns pontos relevantes das suas falas. Em seguida, foi projetada no quadro novamente a primeira figura seguida da Problematização Inicial da sequência, sobre como descobrir informações sobre o interior do planeta sem dados diretos. Nessa retomada, os alunos foram enfáticos nas respostas, citando a variação da gravidade para descobrir corpos de minério, as ondas semelhantes as usadas na ultrassonografia, como também um comentário sobre a descoberta do fundo de lagos usando o sonar. Para aguçar ainda mais esse momento, foi projetada uma imagem da área delimitada para o Pré-Sal brasileiro, seguida da frase do ex-presidente da Petrobrás Sérgio Gabrielli, quando se iniciou a exploração dessa região “[...] o custo para colocar em funcionamento cada poço para a exploração de pré-sal custa aproximadamente US\$ 100 milhões [...]”. O objetivo desse momento era que os alunos percebessem como as propriedades físicas são relevantes para que consigamos informações do subsolo, e como uma análise mal feita pode onerar ou mesmo impossibilitar a busca por recursos minerais, por exemplo. Esse momento foi importante, pois eles se mostraram muito curiosos e surpresos com o imageamento em subsuperfície. Foi destacado também como existem tipos diferentes de ondas e que algumas delas, como as transversais, não conseguem se propagar nos fluidos, salientando ser uma propriedade usada inclusive para o conhecimento do estado físico líquido do núcleo externo do planeta. Foi discutido também sobre como essas ondas são produzidas, citando os canhões de ar ou mesmo os terremotos como fontes de ondas, e com isso a professora encerrou esta última etapa da proposta de ensino.

#### 4. Resultados

Após o final do desenvolvimento das atividades, no último encontro, foi aplicado um questionário com nove questões para os estudantes. As questões envolviam o conceito de gravidade e as aplicações estudadas ao longo das atividades. O objetivo da aplicação deste questionário foi avaliar os conhecimentos dos alunos acerca dos conteúdos abordados buscando indícios de aprendizagem após a aplicação da proposta de ensino.

As questões 1 e 2 do questionário, destacadas no quadro 2, estavam relacionadas a compreensão da procedência e dos parâmetros influenciadores da gravidade em determinada região; as questões 3, 4, 5 e 6, estavam relacionadas ao interesse e aplicabilidade científica no estudo das variações da gravidade para investigação geológica; as questões 7, 8 e 9, por sua vez, se relacionavam a princípios físicos utilizados na obtenção dessas medidas. As questões foram respondidas individualmente por todos os vinte e um estudantes que participaram da proposta de ensino. Após a realização do questionário as respostas para cada questão foram reunidas e categorizadas em três grupos, conforme as categorias descritas abaixo:

**Categoria 1 - Remetem ao conceito científico:** Nessa categoria, foram incluídas respostas que estavam relacionadas ao conceito ou princípio científico em questão e que não apresentavam nenhum tipo de erro em relação a este conceito.

**Categoria 2 - Apresentam vestígios do conceito científico:** Nessa categoria, foram incluídas as respostas que se aproximavam do conceito ou princípio científico em questão, mas que ainda estavam incompletas ou apresentavam pequenos erros em sua formulação.

**Categoria 3 - Distantes do conceito científico:** Nessa categoria, foram incluídas as respostas que ficaram muito distantes do conceito ou princípio científico e que em sua grande parte apresentava erros em relação ao conceito abordado.

Essa categorização das respostas nos permitiu entender melhor os sentidos atribuídos pelos estudantes aos conceitos e princípios estudados. As questões que foram utilizadas e a categorização das respostas dos estudantes estão apresentadas no quadro 2. Os números que aparecem em cada coluna representam a quantidade de alunos para os quais a resposta foi enquadrada em cada uma das categorias.

**Quadro 2.** Categorização das nove questões do questionário

Questões	Categoria 1: Remetem ao conceito científico	Categoria 2: Apresenta vestígios do conceito científico	Categoria 3: Distante do conceito científico
1 - O que é gravidade?	8	12	1
2 - Seria a gravidade constante em qualquer ponto sobre a superfície do planeta Terra? Se não, o que poderia alterar esse valor?	15	5	1

3 - O que você entende por densidade? Ela teria alguma influência sobre a distribuição de matéria no interior da Terra ?	17	2	2
4 - Como ocorre a formação de uma Cordilheira? Você acha que sua altura tem alguma relação com a densidade das rochas que a compõem?	17	3	1
5 - Poderíamos tirar alguma informação importante a respeito do interior da Terra através do valor da gravidade?	15	4	2
6 - Tudo que sabemos a respeito do interior do nosso planeta foi visto diretamente, isto é, através de amostras? Ou, é possível analisar o seu interior sem que haja amostras da subsuperfície?	17	3	1
7 - Como medir o valor da gravidade em determinado local?	15	3	3
8 - Como funciona uma balança de mola?	17	1	3
9 - Uma mesma balança pode medir dois valores diferentes para a massa de um corpo se a mudarmos de lugar?	20	0	1

**Fonte:** Os autores

Ao analisar este quadro podemos perceber que das 189 respostas dadas pelos estudantes (soma das respostas dos 21 alunos para as 9 questões), 141 delas, aproximadamente 75%, se encontram na Categoria 1, mostrando que grande parte dos estudantes conseguiram ter um grau razoável de compreensão dos temas que foram trabalhados ao longo das atividades da proposta didática. Do restante, 33 respostas se enquadraram na Categoria 2, aproximadamente 17%, e apenas 14 respostas se enquadraram na Categoria 3, aproximadamente 8%. Vale também destacar que os alunos conseguiram construir bem seus argumentos ao responderem as questões do questionário, mostrando objetividade e clareza ao sistematizarem seus conhecimentos. Mostramos abaixo duas das respostas para a questão número dois, que refletem esta ideia:

*Não, ela não é constante na superfície do planeta Terra. Algumas de suas variáveis são: Altura, quanto mais longe da terra, menor a força gravitacional entre o corpo e a Terra; Densidade, menor densidade, menor atração (gravidade). Rochas mais ou menos densas no interior da Terra modificam o valor da gravidade; Rotação da Terra, a força centrífuga que age no planeta diminui o valor da gravidade, principalmente na linha do equador. (Aluno 1)*

*Não. A gravidade se altera, porém é imperceptível essa alteração no dia a dia. Tal alteração se dá devido a latitude, altitude, densidade, e a rotação da Terra. (Aluno 2)*

Também apresentamos aqui duas respostas para a questão cinco, que envolvia a informação sobre o interior da Terra e o valor da gravidade. Alguns alunos exemplificaram o uso do método gravimétrico para exploração mineral ou para a investigação das formações em grandes profundidades:

*Medindo as alterações do valor da gravidade local poderíamos nos informar do que é composto o interior da terra a exemplo de que uma gravidade menor pode indicar uma rocha de sal ou petróleo menos densos ou que uma gravidade maior pode indicar uma rocha de minério de ferro que apresenta maior densidade. (Aluno 3)*

*As camadas do interior da Terra não possuem divisões exatas que diferem uma da outra, sendo que o local de uma Cordilheira, por exemplo, pode possuir uma grande quantidade de crosta submersa embaixo dela, de menor densidade. (Aluno 4)*

Vemos que os estudantes conseguiram descrever as relações entre as alterações no valor da gravidade e a informação sobre o interior da superfície, dando exemplos e fazendo aplicações mais amplas, o que nos mostra que eles não só conseguiram atribuir significados aos conceitos e princípios trabalhados, como também conseguiram estabelecer conexões corretas ao se defrontarem com uma situação problematizadora. A partir da análise das respostas apresentadas pelos estudantes nas questões propostas, foi possível verificar indícios de que eles se apropriaram dos conceitos e aplicações trabalhados ao longo das atividades. A avaliação da professora também se baseou nas observações feitas no decorrer da aplicação da proposta de ensino, com destaque para a participação e o engajamento dos estudantes nas atividades em grupo.

## 5. Considerações finais

Neste artigo apresentamos os principais resultados encontrados na construção e implementação de uma proposta didática envolvendo o estudo da Física interligada a conceitos de Geofísica. A proposta didática relatada vem suprir a deficiência na literatura alertada por Molina (2002), a respeito da carência de materiais de divulgação em Geologia, principalmente entre os professores do Ensino Médio, pois essa ciência possui grande potencial para contextualização das chamadas ciências básicas, como a Física. O ponto forte deste trabalho consistiu na produção de um material educacional<sup>4</sup>, construído de forma interdisciplinar e aplicado de forma dialogada dentro da metodologia dos 3MP e enfatizando sempre, na maioria dos encontros, a problematização, o estudo do tema e suas aplicações. Amparados por documentos legais, baseados em pesquisadores da área e usando de experiência pessoal, ficou clara a viabilidade dessa proposta interdisciplinar, principalmente pela ânsia existente no meio educacional por um ensino não fragmentado e contextualizado, conforme defendido por Santomé (1998). Seguindo Rego (2017), foi possível identificar relações existentes entre as disciplinas em torno do tema escolhido e assim integrar os conteúdos, evitando a chamada educação por “migalhas”, já criticada por Fazenda (2011).

A combinação dos 3MP, da interdisciplinaridade, juntamente com o assunto relacionado à Geofísica permitiu uma troca de conhecimentos entre as disciplinas envolvidas, através de reciprocidade, diálogo, e contextualização, permitindo a construção do conhecimento junto com os alunos, passo a passo, concordando com o que Fazenda (2011) define como uma “atitude interdisciplinar”, evitando a transmissão de conteúdos acabados. A metodologia dos 3MP enfatiza e carrega a dialogicidade e a participação ativa do aluno no processo de ensino aprendizagem junto com o professor. A participação dos alunos e a boa aceitação do trabalho indicam um afastamento em relação ao ensino tradicional e uma aproximação de um ensino dialógico e problematizador, contribuindo para uma concordância entre a interdisciplinaridade. A boa receptividade e grande interesse dos alunos e os indícios de aprendizados detectados reforçam a importância da interdisciplinaridade defendida por Japiassu (1976), de que a abordagem de temas envolvendo pesquisa científica especializada, tais como a geologia, permitem ao aluno desenvolver suas aptidões, se orientar quanto ao seu papel na sociedade e ter uma postura mais crítica das informações recebidas.

---

4 \_

[https://ppgefis.cariacica.ifes.edu.br/images/stories/MNPEF\\_Produto\\_Educacional\\_Marcela\\_Nicoli\\_Turma\\_2017.pdf](https://ppgefis.cariacica.ifes.edu.br/images/stories/MNPEF_Produto_Educacional_Marcela_Nicoli_Turma_2017.pdf)

A aproximação da ciência em relação à sociedade é de suma importância para desenvolver a alfabetização científica e reduzir o chamado “convívio cotidiano com o desconhecido”, conforme alertado por Souza, Bastos e Angotti (2007). A escolha de temas contextualizados no estudo da física pode favorecer essa aproximação. Este trabalho interdisciplinar abre possibilidades para a realização de outros trabalhos semelhantes envolvendo outras áreas aplicadas que reúnam conteúdos de várias disciplinas, além da Física. Ainda na geologia temos como possibilidades de integração temas tais como os terremotos e a sísmica, o magnetismo remanescente nas rochas, a exploração geofísica na Lua ou mesmo em outros planetas.

### Referências bibliográficas

Delizoicov, D. & Angotti, J. A. (1991). Física. São Paulo: Cortez.

Delizoicov, D., Angotti, J. A., & Pernambuco, M. M. (2018). Ensino de ciências: fundamentos e métodos (5a ed). são paulo: cortez.

Fazenda, I. C. A. (2011). Integração e interdisciplinaridade no ensino brasileiro. São Paulo: Edições Loyola.

Japiassu, H. (1976). Interdisciplinaridade e patologia do saber. Rio de Janeiro: imago editora ltda.

Molina, E. C. (2002). A divulgação científica na área de geofísica. Ciência e público: caminhos da divulgação científica no Brasil. Rio de Janeiro: série terra incógnita. Casa da ciência da UFRJ.

Muenchen, C. & Delizoicov, D. A. (2012). A construção de um processo didático-pedagógico dialógico: aspectos epistemológicos. Ensaio: pesquisa em educação em ciências, Belo Horizonte, 14(3), p. 1-20.

Rego, E. C. M., Guimarães, E. M., & Falcomer, V. A. S. (2017). Abordagem interdisciplinar no ensino de ciências na educação básica: contribuições para o ensino de ciências. PPGEC UNB, 12, p. 06-28.

Santomé, J. T. (1998). As origens da modalidade de currículo integrado. Globalização e interdisciplinaridade: o currículo integrado. Porto Alegre: Artes Médicas.

Souza, C. A., Bastos, F. P., & Angotti, J. A. (2007). Cultura científico-tecnológica na Educação Básica. *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências*, Belo Horizonte, 9(1), 76 – 88.