

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS NATURAIS E
MATEMÁTICA

JOÃO HENRIQUE DE SOUZA DANTAS

**UM MATERIAL PARA PROFESSORES DE FÍSICA SOBRE O ENSINO DE MARÉS
NA EDUCAÇÃO BÁSICA**

NATAL – RN

2020

JOÃO HENRIQUE DE SOUZA DANTAS

**UM MATERIAL PARA PROFESSORES DE FÍSICA SOBRE O ENSINO DE MARÉS
NA EDUCAÇÃO BÁSICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais e Matemática da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências Naturais e Matemática.

Orientadora:
Prof.^a Dra. Auta Stella de Medeiros Germano
Co-orientador:
Prof. Dr. Néstor Eduardo Camino

NATAL – RN

2020

Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN
Sistema de Bibliotecas - SISBI
Catalogação de Publicação na Fonte. UFRN - Biblioteca Setorial Prof. Ronaldo Xavier de Arruda - CCET

Dantas, João Henrique de Souza.

Um material para professores de Física sobre o ensino de marés na Educação Básica / João Henrique de Souza Dantas. - 2020. 146f.: il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Ciências Exatas e da Terra, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais e Matemática. Natal, 2020.

Orientadora: Prof^a. Dra. Auta Stella de Medeiros Germano.
Coorientador: Prof. Dr. Néstor Eduardo Camino.

1. Ensino de Física e de Astronomia - Dissertação. 2. Marés - Dissertação. 3. Material para professor - Dissertação. I. Germano, Auta Stella de Medeiros. II. Camino, Néstor Eduardo. III. Título.

RN/UF/CCET

CDU 37.026:53+52

AGRADECIMENTOS

À minha família, em especial minha avó, Maria Aliete Dantas e meu pai, Alexandre Dantas de Paiva, pelo apoio e dedicação na minha educação, bem como pelo incentivo e investimento nos meus estudos.

À professora Auta Stella Medeiros Germano, minha “mãe acadêmica”, como ela brinca, pelos incontáveis ensinamentos, paciência e confiança. Minha maior referência na prática docente. Amizade que pretendo sempre cultivar.

Ao professor Néstor Eduardo Camino, com sua vasta experiência no Ensino de Astronomia coorientou este trabalho de maneira muito presente. Honra inenarrável ter um professor e pesquisador desse nível, assinando conosco, essa dissertação.

À minha companheira Simone Andressa Quintela de Moura, pelo carinho, apoio e compreensão, principalmente na reta final do mestrado. Trouxe-me paz e calma para continuar seguindo com determinação.

Aos professores Daniel de Medeiros Queiroz, Helton Mendes Soares, Wellington Allyson de Araújo e à professora Ana Karolina Gomes de Araújo, por participarem da discussão sobre o produto Por Dentro das Mares. As observações e sugestões que fizeram foram decisivas para a melhoria do material.

Aos professores avaliadores da banca, em especial prof. Gilvan Luiz Borba, e o prof. José Ronaldo Pereira da Silva pelo carinho que tiveram com o tema e na dedicação das precisas correções ao longo de todo o trabalho e as propostas de melhoria como um todo.

Às escolas onde desenvolvi as pesquisas, pelo carinho e excelente receptividade para as aplicações dos questionários.

Aos estudantes, que também serão beneficiados com o produto educacional desenvolvido neste trabalho, pela atenção e empenho que tiveram ao participar da pesquisa.

Aos meus amigos, família que escolhemos, em especial Sarah Esther, artista plástica que desenvolveu a capa para o produto. Pela compreensão e apoio sempre, meu muito obrigado!

À Equipe do Planetário Barca dos Céus, que também considero como amigos. Pessoas incríveis e inspiradoras em todos os sentidos.

RESUMO

Nosso trabalho aborda o ensino sobre um fenômeno cíclico que ocorre diariamente com as águas do mar, usualmente muito familiar às pessoas que vivem no litoral, as marés. Além de se fazer presente e até, em alguns casos, ser um condicionante para os momentos de lazer das pessoas nas praias, tal fenômeno apresenta relações com diversas situações socioambientais do nosso entorno. Influencia as características da fauna e flora litorâneas e a ocorrência de ecossistemas essenciais para a vida marinha, a exemplo dos manguezais, a dinâmica de atividades pesqueiras e o funcionamento de portos, e determina o impacto de construções pela orla marinha em cidades litorâneas. Percebemos que, apesar de termos um vasto litoral, o ensino sobre marés não está muito presente na Educação Básica, constatando-se ainda uma escassez de trabalhos publicados sobre o tema na área de Ensino de Física, no Brasil. Considerando a contradição entre a importância do tema e sua ausência no ensino, desenvolvemos um material para o professor - Por Dentro das Marés - com o objetivo de estimular e potencializar a exploração de conhecimentos que achamos pertinentes para o ensino de marés sob um viés principalmente da Física e da Astronomia. Esse material tem a forma de um Módulo que apresenta ao professor algumas reflexões sobre a importância das marés, tentando deixar claro que o tema é pertinente para o Ensino Médio. O material apresenta algumas das principais ideias e teorias que foram propostas na história da ciência para explicar as marés e os desafios que o fenômeno ofereceu para sua compreensão, com uma explanação mais detalhada sobre a Teoria do Equilíbrio, a qual pontuou a origem gravitacional para o fenômeno. Apresentamos ainda, no material, resultados de uma pesquisa que realizamos em duas escolas do Rio Grande do Norte, sobre as concepções prévias de 115 alunos do 1º ano do Ensino Médio, acerca das marés. O objetivo dessa pesquisa foi entender como os estudantes interpretam as marés e o que pensam que as origina, bem como as eventuais relações que estabelecem entre esse fenômeno, aspectos do seu dia a dia e de seu entorno. Com isso sistematizado, espera-se que o professor esteja mais preparado para lidar com as concepções que sua turma venha a apresentar. Para finalizar, oferecemos algumas sugestões didáticas para auxiliar na montagem de um plano de ensino que o professor venha a produzir sobre marés. Nessas sugestões, estão algumas propostas de práticas sobre as quais tivemos conhecimento por meio de nossas vivências e de nossa pesquisa bibliográfica, bem como alguns softwares para ilustrar a Teoria do Equilíbrio e uma lista de vídeos acelerados de algumas regiões costeiras do Brasil e de outros países, objetivando explicitar as variadas formas com que a intensidade das marés pode se manifestar em diferentes locais. Para avaliarmos o potencial de nosso produto para contribuir com a inserção do tema no Ensino Médio, o enviamos a um grupo pequeno de professores licenciados em Física, dos quais, quatro se disponibilizaram a fazer a leitura completa do texto, e a participar de uma reunião virtual para discutirmos suas dúvidas e considerações acerca do mesmo. Nessa reunião, que durou 3 horas e foi gravada, os quatro professores fizeram observações e sugestões importantes que foram incorporadas na revisão do produto educacional. Todos os professores reconheceram a pertinência e necessidade da inserção do tema das marés no ensino de Física na Educação Básica, e três deles ressaltaram que o texto tem muito a contribuir no incentivo e apoio a professores de Física nesse sentido, bem como na provocação para o aprofundamento sobre as dimensões abordadas no texto. Esperamos, assim, que estas venham a ser contribuições efetivas do material Por Dentro das Marés.

Palavras-chave: Ensino de Física e de Astronomia. Marés. Material para professor.

ABSTRACT

Our work deals with teaching about a cyclical phenomenon that occurs daily with the waters of the sea, usually very familiar to people living on the coast, the tides. In addition to being present and even, in some cases, being a conditioning factor for the leisure moments of people on the beaches, this phenomenon presents relations with several socio-environmental situations in our surroundings. It influences the characteristics of coastal fauna and flora and the occurrence of essential ecosystems for marine life, such as mangroves, the dynamics of fishing activities and the functioning of ports, and determines the impact of constructions along the seafront in coastal cities. We realized that, despite having a vast coastline, teaching about tides is not very present in Basic Education, and there is still a shortage of published works on the subject in the area of Physics Teaching in Brazil. Considering the contradiction between the importance of the theme and its absence in teaching, we developed a material for the teacher - Inside the Tides - with the aim of stimulating and enhancing the exploration of knowledge that we think is relevant for teaching tides under a bias mainly from Physics and Astronomy. This material is in the form of a Module that presents the teacher with some reflections on the importance of the tides, trying to make it clear that the theme is relevant to high school. The material presents some of the main ideas and theories that have been proposed in the history of science to explain the tides and the challenges that the phenomenon offered for its understanding, with a more detailed explanation of the Theory of Equilibrium, which punctuated the gravitational origin for the phenomenon. We also present, in the material, the results of a research that we conducted in two schools in Rio Grande do Norte, on the previous conceptions of 115 students of the 1st year of High School, about the tides. The objective of this research was to understand how students interpret the tides and what they think originates them, as well as the possible relationships they establish between this phenomenon, aspects of their daily lives and their surroundings. With this systematized, it is expected that the teacher is more prepared to deal with the concepts that his class will present. Finally, we offer some didactic suggestions to assist in setting up a teaching plan that the teacher will produce on tides. In these suggestions, there are some proposals for practices that we were aware of through our experiences and our bibliographic research, as well as some software to illustrate the Equilibrium Theory and a list of accelerated videos from some coastal regions of Brazil and other countries, aiming to explain the various ways in which the intensity of the tides can manifest in different places. To assess the potential of our product to contribute to the insertion of the topic in High School, we sent it to a small group of licensed Physics teachers, four of whom were available to read the entire text and participate in a meeting to discuss their doubts and considerations about it. In this meeting, which lasted 3 hours and was recorded, the four teachers made important observations and suggestions that were incorporated into the review of the educational product. All teachers recognized the pertinence and need for the insertion of the theme of the tides in the teaching of Physics in Basic Education, and three of them stressed that the text has a lot to contribute in encouraging and supporting Physics teachers in this sense, as well in the provocation to deepen the dimensions addressed in the text. We hope, therefore, that these will become effective contributions of the material Inside the Tides.

Key words: Teaching Physics and Astronomy. Tides. Material for teacher.

RESUMEN

Nuestro trabajo sobre la Enseñanza de un fenómeno cíclico que se da a diario con las aguas del mar, habitualmente muy familiar para los habitantes de la costa, las mareas. Además de estar presente e incluso, en algunos casos, ser un condicionante de los momentos de ocio de las personas en las playas, este fenómeno presenta relaciones con diversas situaciones socioambientales de nuestro entorno. Influye en las características de la fauna y flora costera y la ocurrencia de ecosistemas esenciales para la vida marina, como los manglares, la dinámica de las actividades pesqueras y el funcionamiento de los puertos, y determina el impacto de las construcciones a lo largo del frente marítimo en las ciudades costeras. Nos dimos cuenta de que, a pesar de tener un litoral extenso, la enseñanza de las mareas no está muy presente en la Educación Básica, y aún hay escasez de trabajos publicados sobre el tema en el área de Enseñanza de la Física en Brasil. Teniendo en cuenta la contradicción entre la importancia del tema y su ausencia en la enseñanza, desarrollamos un material para el docente – Dentro de las Mareas - con el objetivo de estimular y potenciar la exploración de conocimientos que creemos relevantes para la enseñanza de mareas bajo un sesgo principalmente de Física y Astronomía. Este material tiene la forma de un Módulo que presenta al docente algunas reflexiones sobre la importancia de las mareas, tratando de dejar claro que el tema es relevante para el Secundario. El material presenta algunas de las principales ideas y teorías que se propusieron en la historia de la ciencia para explicar las mareas y los desafíos que el fenómeno ofrecía para su comprensión, con una explicación más detallada de la Teoría del Equilibrio, que puntuó el origen gravitacional del fenómeno. También presentamos, en el material, los resultados de una investigación que realizamos en dos escuelas de Rio Grande do Norte, sobre las concepciones previas de 115 estudiantes de 1er año de Secundario, sobre las mareas. El objetivo de esta investigación fue comprender cómo los estudiantes interpretan las mareas y qué creen que las origina, así como las posibles relaciones que establecen entre este fenómeno, aspectos de su vida cotidiana y su entorno. Con esto sistematizado, se espera que el docente esté más preparado para afrontar los conceptos que presentará su clase. Finalmente, ofrecemos algunas sugerencias didácticas para ayudar a establecer un plan de enseñanza que el maestro producirá sobre las mareas. En estas sugerencias, hay algunas propuestas de prácticas que conocimos a través de nuestras experiencias y nuestra investigación bibliográfica, así como algún software para ilustrar la Teoría del Equilibrio y una lista de videos acelerados de algunas regiones costeras de Brasil y otros países, con el objetivo de explicar las diversas formas en que la intensidad de las mareas puede manifestarse en diferentes lugares. Para evaluar el potencial de nuestro producto para contribuir a la inserción del tema en el Secundario, lo enviamos a un pequeño grupo de profesores licenciados en Física, cuatro de los cuales estuvieron disponibles para leer el texto completo y participar en una reunión. Para comentar sus dudas y consideraciones al respecto. En esta reunión, que duró más de 3 horas y quedó grabada, los cuatro docentes realizaron importantes observaciones y sugerencias que se incorporaron a la revisión del producto educativo. Todos los docentes reconocieron la pertinencia y necesidad de insertar el tema de las mareas en la enseñanza de la Física en Educación Básica, y tres de ellos destacaron que el texto tiene mucho que aportar para incentivar y apoyar a los docentes de Física en este sentido, además de provocar la profundización en las dimensiones abordadas en el texto. Esperamos, por tanto, que se conviertan en aportaciones efectivas del material Dentro de las Mareas.

Palabras clave: Enseñanza de la Física y la Astronomía. Mareas. Suministros para maestros.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Ilustração representando a ideia de Galileu de que os movimento da Terra, combinados, são responsáveis pela produção das marés.	19
Figura 2: Ilustração representando o modelo de Descartes para a origem das marés da Terra.	20
Figura 3: Ilustração de um mapa de linhas cotidais.	25
Figura 4: Desenho representativo de marégrafo criado por Lord Kelvin em 1872.	27
Figura 5: Representação das acelerações das massas m_1 e m_2 num referencial inercial (imagem de cima) e no referencial da massa do centro (imagem de baixo).	31
Figura 6: Representação das forças de marés experimentadas por elementos de massa em diversos pontos da Terra, segundo o modelo da Teoria do Equilíbrio.....	32
Figura 7: Representação das distâncias de m_1 e m_2 ao astro M.	33
Figura 8: Representação das marés de sizígia (marés vivas) e das marés de quadratura (marés mortas).	35
Figura 9: Mapas para auxiliar a visualização dos locais de algumas praias em relação à Escola do Interior, em Currais Novos (9.A), e de algumas praias urbanas de Natal em relação à Escola da Centro (9.B).	56
Figura 10: Esquema de concepções dos estudantes sobre o que causam as marés, de acordo com as respostas dos participantes da pesquisa.	74
Figura 11: Exemplos de desenhos com explicações para as marés, elaborados a partir de uma perspectiva global (A) e topocêntrica (B).	76
Figura 12: Ilustração de desenho que evidenciou (A) e de desenho que não evidenciou (B) o agente causador das marés, na explicação para o fenômeno.	76
Figura 13: Desenhos que explicam as marés em um quadro ou momento (A), em dois momentos (B) e em três momentos (C).	78
Figura 14: Desenho indicando a variação na distância da Lua como (parte do) mecanismo causador das marés.	79
Figura 15: Desenho representando a força gravitacional da Lua como parte do mecanismo causador das marés.	79
Figura 16: Desenhos representando uma possível relação entre dia e noite e a dinâmica das marés.	80
Figura 17: Desenhos representando a geografia local como principal fator para as marés acontecerem.	81
Figura 18: Esquema representativo das variáveis ou elementos que influenciam as marés, de acordo com as respostas dos participantes.	81

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Últimas praias visitadas pelos estudantes e distribuição dos alunos em relação às mesmas.	55
Gráfico 2: Distribuição do total de alunos participantes da pesquisa, conforme a frequência com que vão à praia.	57
Gráfico 3: Distribuição dos alunos da Escola do Centro conforme a frequência com que vão à praia.	58
Gráfico 4: Distribuição dos alunos da Escola do Interior conforme a frequência com que vão à praia.	58
Gráfico 5: O que os alunos mais gostam de fazer quando vão à praia.	60
Gráfico 6: Fenômenos no céu e aspectos dos astros mais observados numa ida à praia, e frequência com que são citados, entre os alunos.	62
Gráfico 7: Fenômenos relacionados com a água do mar, que os alunos costumam observar numa ida à praia, e a frequência com que foram citados entre os participantes.	64
Gráfico 8: Respostas dos participantes da pesquisa sobre o que são marés e frequência com que essas respostas aparecem entre eles.	66
Gráfico 9: Respostas dos alunos da Escola do Centro sobre o que são marés e frequência com que essas respostas aparecem entre eles.	70
Gráfico 10: Respostas dos alunos da Escola do Interior sobre o que são marés e frequência com que essas respostas aparecem entre eles.	70
Gráfico 11: Coisas ou objetos do entorno natural que causam as marés e frequência com que foram citados pelos alunos.	72
Gráfico 12: Fatores socioambientais influenciados pelas marés segundo os participantes do estudo, e a frequência com que são indicados.	82

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 A FÍSICA DAS MARÉS	15
2.1 Explicações sobre Marés na História da Ciência	15
2.2 A Teoria do Equilíbrio para as Marés	29
3 O ENSINO DE MARÉS NA EDUCAÇÃO BÁSICA	38
3.1 O ensino de marés na BNCC	38
3.2 O ensino de marés na literatura nacional em Ensino de Física	40
4 O QUE PENSAM OS ALUNOS SOBRE AS MARÉS	44
4.1 Levantamento na literatura em Ensino de Ciências	45
4.2 Um estudo sobre como os alunos de duas escolas do Rio Grande do Norte (RN) interpretam o fenômeno das marés	48
4.2.1 Apresentação dos objetivos do questionário	49
4.2.2 Características gerais dos participantes	53
4.2.3 Análises e discussões dos dados	53
4.2.3.1 <i>A vivência e a relação cotidiana dos alunos com a praia</i>	54
4.2.3.2 <i>Percepção de fenômenos e astros numa ida à praia</i>	61
4.2.3.3 <i>Significados e explicações para as marés</i>	64
4.2.3.4 <i>Análise dos desenhos dos estudantes</i>	75
4.2.3.5 <i>Em que as marés importam?</i>	82
4.3 Considerações sobre o que pensam os alunos sobre marés	84
5 POR DENTRO DAS MARÉS: PROPOSTA DE UM MÓDULO PARA PROFESSORES DE FÍSICA	87
5.1 Considerações de professores de Física sobre a versão inicial do material para o professor	89
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	94
REFERÊNCIAS	96
APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO UTILIZADO PARA LEVANTAMENTO DAS IDEIAS QUE OS ALUNOS APRESENTAM SOBRE MARÉS	99
APÊNDICE B – POR DENTRO DAS MARÉS	102

1 INTRODUÇÃO

Vivenciamos diversos acontecimentos e fenômenos cíclicos, na natureza. Ao longo do nosso estudo das Ciências, desde muito jovens, somos apresentados a inúmeros deles, tais como as transformações da água, os movimentos planetários, as eras glaciais, entre outros. Alguns desses possuem um tempo de duração que para nós, humanos, é imperceptível. Outros são bem rotineiros e evidentes, é o caso da alternância do dia e noite, associado, por sua vez, ao ciclo de rotação do nosso planeta e à presença de nossa estrela mais próxima, o Sol. Temos também um fenômeno cíclico astronômico que, como o dia e a noite, o ano solar e as fases da Lua, marca bastante a vida na Terra, e ocorre num período ainda menor que a rotação, as marés.

Em zonas litorâneas, as marés são perceptíveis, embora apresentem magnitudes diferentes de uma região para a outra. Em poucas horas numa praia em Natal, Rio Grande do Norte, percebemos a faixa de areia à margem do mar ficar ora mais larga, ora mais estreita. Esta dinâmica sempre nos chamou a atenção e nos gerou curiosidade, fosse na infância, ao passar a manhã toda refazendo os castelos de areia, sempre que as ondas os alcançavam, ou na adolescência, quando esperávamos a melhor hora para jogar futebol na praia. Entretanto, nos anos de ensino básico, não vivenciamos estudos específicos sobre as marés. Os livros didáticos tampouco traziam informações pertinentes sobre tal fenômeno. Apenas após ingressar no curso de Licenciatura em Física da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), mais especificamente na disciplina de Astronomia Básica, nos foram apresentados, de forma sistemática, os efeitos de marés e suas implicações.

Pouco tempo depois, ainda no Curso e integrando a equipe do Planetário Móvel da UFRN - Barca dos Céus, participamos de algumas mostras científicas, onde pudemos ter contato com pessoas de várias faixas etárias e níveis de escolaridade, junto às quais provocávamos conversas e reflexões sobre as marés, utilizando um objeto didático desenvolvido pela equipe. Verificamos que é muito recorrente que as pessoas se recordem das mudanças no nível da água do mar com o passar das horas, nas praias, entretanto, o motivo e as consequências de tal fenômeno, na maioria das vezes, “passa em branco”, na fala delas.

O fenômeno de marés está relacionado a diversos fatores socioambientais. Por exemplo, o nível de água nas regiões de estuário, local onde os rios desembocam no mar, são diretamente afetados pelas marés. Elas renovam ciclicamente as águas dessa região trazendo consigo, na maré alta, e levando, na maré baixa, materiais orgânicos e sedimentos que são essenciais aos animais marinhos (VALENTIM, MUELBERT, 2015).

Destaca-se, em regiões de estuários intertropicais, um ecossistema denominado manguezais, onde os seres também estão adaptados às variações das marés, que funcionam, por exemplo, para disseminar as sementes flutuantes das árvores dessas regiões (ALVES, 2001). É nas regiões de mangues, ainda, onde várias espécies marinhas se reproduzem, devido à facilidade de proteção contra predadores e a abundância de matéria orgânica.

Ainda analisando a importância das marés no meio marinho podemos comentar sobre os recifes de corais, nos quais habitam diversos tipos de seres vivos, entre animais (incluindo os próprios corais) e plantas, todos dependendo da variação cíclica diária das águas, constituída pelas marés (ZILBERG et al, 2016).

Nós, seres humanos, também dependemos das marés em algumas situações cotidianas, desde as mais simples para as pessoas que frequentam a praia, como banhistas, atletas, ambulantes até, por exemplo, aquelas que envolvem a entrada e saída de barcos, navios e cruzeiros em portos.

As pessoas numa praia, sejam banhistas, vendedores ambulantes ou praticantes de esportes como surf e natação, estão sujeitas às marés. Quando a maré está alta, dependendo da praia em que estejamos, a região à beira-mar fica totalmente coberta pela água do mar, impedindo algumas atividades ali. Por isso é comum procurarmos saber “como está a maré” quando vamos à praia e ainda, até que local ela costuma alcançar quando está enchendo. Nas regiões mais ao norte do Brasil, como Pará e Maranhão, é comum um aumento intenso das marés que podem surpreender os banhistas desavisados, os quais podem até ter prejuízos com carros que são, de certa maneira, “levados pela maré”.

Por outro lado, para as embarcações que entram e saem de portos, é imprescindível saber o regime de marés nesses momentos, pois caso contrário, é possível que elas encalhem numa região muito rasa, causando prejuízos financeiros. A Marinha Brasileira, a partir de marégrafos, máquinas que medem as variações das marés, detalha em seu site a previsão das alturas mais alta e mais baixa das águas do mar e respectivos horários, para todos os dias do ano, para os principais portos brasileiros¹.

Diante de um fenômeno tão presente e marcante em nosso dia a dia e com tantas conexões com a vida, com a dinâmica de ecossistemas relevantes, e com uma diversidade de

¹ As alturas das marés do ano de 2020, por exemplo, podem ser checadas através do site da Marinha do Brasil. Disponível em: <<https://www.marinha.mil.br/chm/dados-do-segnav-publicacoes/tabuas-das-mares>>. Acesso em: 30 dez. 2020.

práticas sociais, nos perguntamos sobre o porquê da omissão de seu estudo durante nosso Ensino Básico. Ora, se aprendemos sobre a Lua, que é um astro totalmente relacionado às marés, por que não chegamos a estudar efetivamente sobre elas? Seria algo muito complexo para ser ensinado no Ensino Médio? Como poderíamos auxiliar um professor de Física a ministrar aulas sobre marés?

A partir dessas indagações iniciais, interessamo-nos em nos aprofundar mais sobre o tema e em contribuir para o ensino do mesmo, tornando-o foco de nossa proposta de Produto Educacional a ser desenvolvido no mestrado profissionalizante do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais e Matemática (PPGECNM) da UFRN. As discussões que desenvolvemos ao longo do mestrado, inclusive durante a defesa do projeto inicial, levaram-nos à produção de um material voltado para professores de Física do Ensino Médio (Apêndice B), com informações e conhecimentos que consideramos relevantes enquanto fundamentação para o professor, com estratégias e recursos que poderão subsidiar e estimular o professor de Física a abordar esse fenômeno astronômico de tanto potencial interdisciplinar, que possibilita articular facilmente o ensino de Física e de Astronomia com o de disciplinas como Biologia, Geografia e Sociologia, entre outras.

O nosso texto, a seguir, apresenta no Capítulo 2, sobre a Física das Marés, como o fenômeno de marés foi analisado, descrito e explicado ao longo da história da ciência, desde os gregos, dos quais, de acordo com nossos estudos, se tem atualmente os relatos mais antigos sobre esse fenômeno, até as teorias científicas mais aceitas na atualidade. É interessante como as marés foram teorizadas de diferentes maneiras, e investigadas sob diferentes aspectos, ao se tentar explicar sua relação com as fases da Lua, bem como suas variações de um local para outro. Perceberemos que ao longo da história, vários elementos - teóricos e práticos - contribuíram para a formulação da explicação atual para as marés, tais como a concepção da gravitação universal por Newton e a invenção do marégrafo.

Em nosso texto, damos maior ênfase à Teoria do Equilíbrio, associada à teoria da gravitação de Isaac Newton, apresentando-a em maiores detalhes na segunda seção do capítulo em questão. Escolhemos aprofundar a teoria newtoniana para as marés, em virtude de ser bastante abordada nos principais livros de Astronomia, envolver cálculos e conceitos que são factíveis de serem abordados junto a estudantes do Ensino Médio e possibilitar explicar, de uma forma não tão complexa, a origem das marés sob o ponto de vista gravitacional, relacionando Terra, Lua e Sol. É também a dimensão das explicações atuais para as marés que mais relação apresenta com a Astronomia.

Após essa narrativa histórica e da Física por trás do fenômeno, nos preocupamos em discutir no Capítulo 3, o Ensino de Marés na Educação Básica, como e se o tema das marés está presente no atual e principal documento sobre os conhecimentos, competências e habilidades a serem desenvolvidas na Educação Básica do Brasil, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (BRASIL, 2018). Apresentamos o resultado de nosso olhar para o documento e também como o tema está sendo abordado nas principais revistas, artigos, atas de eventos, dissertações e teses publicadas no Brasil, a partir de um levantamento que fizemos na literatura em ensino de Ciências. Fazemos ali uma breve explanação sobre os relatos de intervenção didática em alguns dos principais artigos e dissertações que encontramos.

Sequencialmente, no quarto capítulo (O que pensam os alunos sobre as marés), nos preocupamos em identificar e discutir os trabalhos encontrados em nosso levantamento que abordavam as concepções de alunos acerca do fenômeno, e como essas podem ser utilizadas durante o ensino. Se na primeira busca, no capítulo 3, não encontramos muitos artigos voltados para intervenções sobre o tema, na pesquisa sobre concepções, a quantidade de artigos foi menor. No entanto, apresentamos os dados de um artigo espanhol que relata uma pesquisa muito interessante das concepções de alunos em níveis escolares diversos, na Espanha, onde o tema é regularmente ensinado.

Na segunda seção desse Capítulo 4, apresentamos uma pesquisa, e os resultados dela, para saber como os estudantes de duas escolas do Rio Grande do Norte, uma na capital, Natal, e outra distante 180 km, Currais Novos, percebem, explicam e se relacionam com o fenômeno de marés. A pesquisa se deu através da utilização de um questionário, respondido por escrito pelos participantes, e por meio do qual investigamos diversos fatores relacionados à ida dos alunos à praia e à sua percepção das marés, tais como: a frequência com que eles vão à praia, que fenômenos chamam a atenção deles, se já ouviram falar e percebem as marés, como as explicam, qual a importância delas no cotidiano deles, entre outros.

O capítulo 5, Por Dentro das Marés: Proposta de um Módulo para Professores de Física, apresenta as principais características do módulo referido no seu título, o qual consta no Apêndice B e contempla, numa linguagem mais direcionada ao professor, a apresentação e discussão dos fundamentos que obtivemos durante o desenvolvimento do Mestrado: a importância do fenômeno sob vários aspectos, desde os biológicos aos sociais; os conceitos físicos necessários para a apresentação da Teoria do Equilíbrio, o potencial explicativo bem como as limitações dessa teoria para explicar as características das marés nas diversas localidades; como as outras ideias e teorias para marés presentes na história da ciência podem

ser discutidas frente às concepções que os alunos podem apresentar; algumas das concepções que os alunos apresentam sobre as marés. Para finalizar, listamos algumas sugestões didáticas para auxiliar na montagem de um plano de ensino que o professor venha a produzir sobre marés. Nessas sugestões, estão algumas propostas de práticas sobre as quais tivemos conhecimento por meio de nossa pesquisa bibliográfica, bem como sugerimos softwares propostos para explicar a Teoria do Equilíbrio e ainda, uma lista de vídeos acelerados de algumas regiões costeiras do Brasil e outros países, objetivando explicitar as variadas formas com que a intensidade das marés pode se manifestar em diferentes locais do globo.

Para uma avaliação do potencial de nosso produto educacional para contribuir com os professores na inserção do tema das marés no Ensino Médio, realizamos um encontro virtual com quatro professores licenciados em Física que haviam se disponibilizado a fazer uma leitura prévia do material a fim de o discutirmos. No encontro tivemos três momentos: retomada sintética dos principais conceitos e ideias desenvolvidos no material; esclarecimento de dúvidas que tivessem surgido para os professores durante a leitura do produto; e por fim, a exposição das considerações e sugestões acerca do material, por parte dos professores. Os principais pontos levantados acerca do material durante esse encontro virtual estão descritos numa seção do capítulo 5, e foram considerados como base para a melhoria da versão inicial de nosso produto, resultando na versão aqui apresentada no Apêndice B.

2 A FÍSICA DAS MARÉS

Percebemos a importância das marés para a sociedade atual em vários contextos, no entanto, como esse fenômeno foi compreendido e abordado ao longo da história da ciência? A partir de quais ideias e evidências as teorias tentavam explicar por que as marés acontecem? Será que algumas dessas teorias podem vir a ser discutidas e aprendidas numa turma de Ensino Médio, ou até mesmo vir a contribuir para a compreensão das explicações científicas atuais para as marés? Temos em mente que conhecer o processo histórico relacionado às explicações por trás desse fenômeno pode corroborar a compreensão dele, em si, além de oferecer subsídios para dialogarmos com o que os alunos possam apresentar como ideias prévias acerca do mesmo. No estudo dessas teorias vemos ainda o potencial para um entendimento sobre como a ciência funciona.

Neste capítulo, dividido em duas seções, desenvolvemos primeiramente, uma revisão das principais ideias e teorias de marés na história da ciência conforme encontramos nos autores Marmer (1922, 1928), Ekman (1993), Mariconda (1999), Case (2000) e McCully (2006).

Em seguida, apresentaremos mais detalhadamente uma das teorias que aborda as marés como um fenômeno astronômico relacionado a efeitos gravitacionais do Sol e da Lua sobre nosso planeta, a Teoria do Equilíbrio. Escolhemos essa abordagem em virtude da causa que ela aponta para o fenômeno ser a assumida até hoje nos estudos das marés, e por ela utilizar conceitos da Física que já fazem parte dos conteúdos presentes na Educação Básica. Mais do que isso, ela faz uso de conceitos e visões fundamentais para o currículo, como é o caso da ideia da gravitação universal, a qual, historicamente, possibilitou unificar nossa visão “dos mundos” da Terra e dos céus. É também a teoria mais abordada na maioria dos artigos em Ensino de Ciências que apresentaremos nos próximos capítulos.

2.1 Explicações sobre marés na História da Ciência

O fenômeno das marés vem sendo analisado desde a antiguidade. Os registros históricos mais antigos de que temos conhecimento, de acordo com Ekman (1993) e Marmer (1922) acontecem por volta de 330 a.C., pelo explorador grego chamado Pytheas (aproximadamente 350-285 a.C.).

Há também relatos, segundo McCully (2006) e Mariconda (1999), de que Alexandre, O Grande (356-323 a.C.) e sua tropa foram surpreendidos por um rápido aumento do nível do mar

numa região próxima ao hoje chamado Rio Indu, no Paquistão. Alexandre, que é famoso por ser um excelente estrategista, nunca teria ouvido falar que o oceano poderia subir e descer duas vezes por dia. Seu tutor, Aristóteles (385-323 a.C.), já famoso por ser um dos mais sábios homens da época, não lhe ensinara sobre as marés.

Isso porque a mudança de altura das águas do Mediterrâneo, onde estava o berço da civilização ocidental, não era algo significativo e provavelmente Aristóteles não teria, até então, lido ou conhecido sobre essa variação do mar vivenciada de forma surpreendente por Alexandre.

Parte das primeiras explicações dos antigos filósofos para as marés fazia uso de analogias entre o nosso planeta e um ser vivo. Em algumas dessas analogias acreditava-se que a “respiração” da Terra correspondia às variações de marés, em outras, que o mar seria o “sangue” e as marés a pulsação do organismo Terra (MARMER, 1922). Mariconda (1999) cita a presença de explicações animistas similares, comparando as marés à respiração de um organismo, ainda no século XVI.

A relação entre o fenômeno e a Lua, por outro lado, é também muito antiga. O grego, Phyteas de Massália, já citado anteriormente como autor dos registros mais antigos sobre marés de que se tem conhecimento, ao realizar uma viagem às Ilhas Britânicas, observou que lá havia grandes variações do nível de água do mar com o passar das horas. Ao longo das observações que realizou, notou que, de algum modo, as marés estavam relacionadas à Lua. De acordo com ele, havia duas marés altas e duas baixas durante um dia e o range de marés (diferença de altura do nível da água entre as marés alta e baixa) variava ao longo do mês, parecendo estar relacionado às fases lunares.

Outros estudiosos gregos também se interessaram em estudar tal fenômeno e associação entre marés e Lua. Seleukos (190-150 a.C.) foi um destes, que, ao viajar para uma região próxima ao Mar Vermelho, por volta do ano 150 a.C., também realizou observações. Ele acreditava que o movimento de rotação da Terra punha o ar em movimento, e este perturbava as águas, gerando agitação sobre as mesmas. Tal agitação se combinava com a perturbação do ar sobre as águas que também ocorria em função do movimento da Lua ao redor da Terra, e juntas, as duas fontes de perturbação - translação da Lua e rotação da Terra - davam origem às marés.

O geógrafo grego Straborn (63 a.C.-25 d.C.) escreveu “Geographika” em 23 d.C., onde apresentou uma síntese do que era observado sobre as marés até então. De acordo com essa síntese: a posição da Lua no céu rege as marés aqui na Terra; nas fases de lua nova e lua cheia as marés são mais intensas; a variação da declinação da Lua no céu em relação à linha do

Equador pode gerar marés regulares – quando ocorrem amplitudes iguais de marés, num dia - ou irregulares - quando se constata as desigualdades diurnas, marés altas de intensidades diferentes ocorrendo num mesmo dia; e há diferenças nas velocidades de aumento e de diminuição do nível de água, ou seja, o tempo para a maré subir difere do tempo para a maré descer.

Percebemos então que, naquele momento, as observações das marés realizadas pelos gregos sugeriam que as marés estavam diretamente relacionadas com a Lua, e de certa forma, com o Sol, se pensarmos na relação dele com as fases da Lua. Seleukos também relacionou o fenômeno à rotação terrestre.

Plínio, o Velho (23-79), um naturalista romano, apresenta, em 77 d.C., em uma das suas várias obras - um livro chamado *Historia Naturalis*, as seguintes palavras sobre as marés: “Muito foi dito sobre a natureza das águas; mas a circunstância mais maravilhosa é o fluxo alternado e o refluxo das marés, que existe, de fato, sob várias formas, mas é causada pelo sol e pela lua” (PLÍNIO, *apud* MARMER, 1922, p.210).

Assim como Plínio, vários estudiosos, não só os gregos antigos, já citados anteriormente, relacionavam as marés à Lua e também ao Sol. No entanto, a maneira como esses astros originavam tal fenômeno, não estava clara.

Entre algumas teorias imaginadas, o árabe Zakariya al Qaqwini (1203-1283) propunha que as marés aconteciam devido às variações no aquecimento que a Lua e o Sol provocavam nas águas oceânicas, fazendo com que estas dilatasse ou contraíssem e tivessem seu volume aumentado, no caso das marés altas, ou reduzido, nas marés baixas.

Apesar das observações relacionadas ao movimento da Lua no céu e ao fato de suas fases estarem em consonância, de alguma forma, com as marés na Terra, algumas teorias dispensavam a presença da Lua, para haver marés.

Ao norte da Europa, mais precisamente na costa norte de onde hoje chamamos de Noruega, há relatos da presença de um grande turbilhão de águas em forma de vórtices (redemoinhos). A tal fenômeno, chamado pelos nativos como Maelstrom, palavra de origem nórdica, atribuíam-se a causa das marés. Quando a maré estava baixa, isso significaria que parte da água do mar teria entrado neste redemoinho, e quando a maré estava alta, a água teria saído do vórtice. Hoje, sabemos que as formações desses vórtices acontecem devido à conjunção de fortes correntezas que atravessam os limites do continente, em estreitos (canais marítimos que separam duas massas de terra), e à grande diferença de alturas das marés no local. Isto é, esses vórtices são, na verdade, influenciados pelas marés, e não a causa delas.

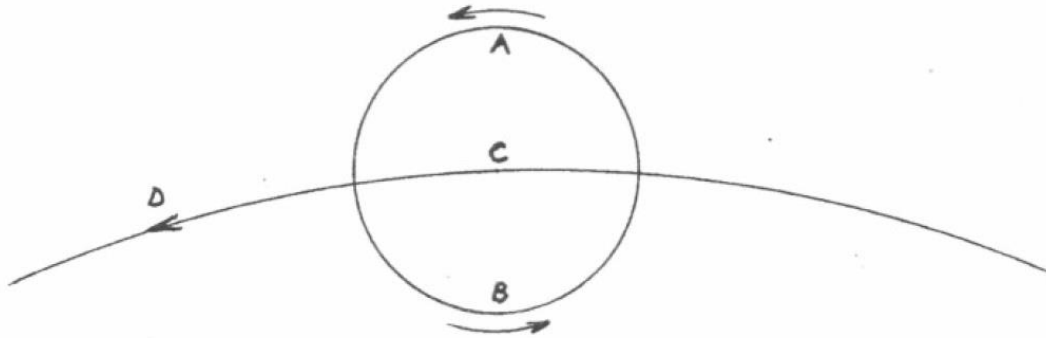
Durante o século XVII, algumas teorias surgiram através de naturalistas bem renomados quando aprendemos sobre história da ciência. Alguns, inclusive, iam contrário à relação direta das marés com a Lua. O italiano Galileu Galileu (1564-1642), era um deles. Ele, como outros estudiosos, tais como Francis Bacon (1561-1626) e Descartes (1596-1650), tinha uma visão mais mecanicista, e desacreditava de qualidades ocultas entre a Lua e a Terra (MARMER, 1922). Galileu chegou a achar tal ideia mística e fantasiosa, discordando e desfazendo da posição de Johannes Kepler (1571-1630), que investira algum tempo tentando esclarecer como se daria a influência da Lua nos oceanos da Terra. Kepler, que havia tido contato com o trabalho sobre magnetismo terrestre de William Gilbert (1540 – 1603), imaginava que as marés deveriam se relacionar com possíveis interações magnéticas entre Sol, Terra e Lua.

Para Galileu, as marés seriam resultantes de uma combinação dos movimentos que o nosso planeta executava, isto é, a rotação sobre seu próprio eixo, e a translação ao redor do Sol. Ele associou a ocorrência de marés com a situação que seria evidenciada por uma pessoa navegando em um barco, ao observar um balde com água dentro dele. De acordo com o movimento do barco, a água no balde apresentaria movimentos de subida e descida, o que para ele se assemelharia ao regime de marés no nosso planeta. Nessa comparação, o barco em movimento corresponderia à Terra em seus movimentos, e a água dentro do balde, aos oceanos na superfície (ocupando relevos) da Terra.

Sua abordagem para o problema estava relacionada ao caráter dinâmico das águas, e para ele, o fenômeno de marés era a prova dos movimentos que o nosso planeta executava. Esse tratamento dinâmico para o fenômeno será muito importante, e o retomaremos mais à frente, quando formos tratar das teorias que se desenvolveram no século XIX.

De acordo com Mariconda (1999), o modelo galileano para as marés envolve principalmente duas ações conjuntas: a aceleração e o retardamento de partes da Terra, devidos à combinação local dos movimentos diário (de rotação sobre o próprio eixo) e anual (de translação ao redor do Sol) do planeta; e, de forma secundária, a “gravidade” da água, sendo ela que, após a água receber o impulso inicial gerado pelos movimentos da Terra, procura reconduzir a água ao equilíbrio. A Figura 1, a seguir, ilustra o pensamento de Galileu sobre como eram geradas as marés.

Figura 1: Ilustração representando a ideia de Galileu de que os movimentos da Terra, combinados, são responsáveis pela produção das marés.



Fonte: Mariconda, 1999.

A Terra, representada na Figura 1 como um círculo, apresenta dois movimentos: o diário, de rotação em seu próprio eixo, no sentido de A para B, e o anual, representado pela linha CD. Segundo Mariconda (1999, p. 48):

Para as partes que estão em A, os movimentos anual e diurno são feitos na mesma direção, enquanto para as partes que estão em B possuem direções opostas. Resulta disso que, em A e em B, as partes da Terra assumem velocidades respectivamente iguais à soma e subtração daquelas velocidades que possuem em cada um desses dois movimentos. Assim, cada parte da superfície terrestre é alternadamente acelerada e retardada segundo um intervalo de 12 horas, produzindo nas águas marinhas um fenômeno análogo àquele que se constata em um balde com água oscilante ou em uma barca repleta de água que se move ora mais veloz ora mais lentamente: as águas se acumulam alternadamente para trás e para frente.

Os movimentos de rotação e translação da Terra eram considerados por Galileu como a causa primária das marés, enquanto a gravidade das águas, responsável por tentar trazê-las de volta ao equilíbrio, era tratada como causa secundária.

No modelo, Galileu considerava ainda o papel de causas concomitantes às secundárias, que também seriam relevantes no processo: as condições locais, tais como a profundidade, o tamanho (área) e tipo da costa marinha. Conforme veremos adiante, esses aspectos assumem papel importante nas mais recentes teorias para explicar as marés em suas características locais.

Porém, a explicação de Galileu não estava condizente com os dados observacionais dos navegantes e dos diversos portos ao redor do planeta, em particular no que diz respeito às variações observadas nos períodos diário, mensal e anual, no comportamento das marés.

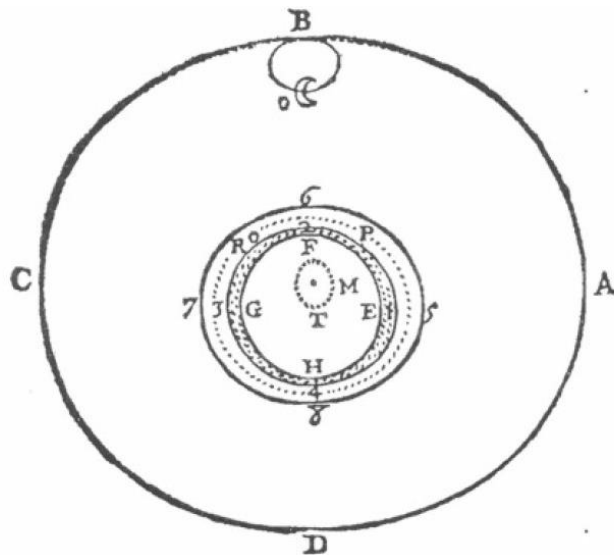
Por exemplo, considerando que a Terra completa sua rotação em 24 horas, de acordo com seu modelo o intervalo de tempo entre uma maré alta e uma maré baixa num determinado

local deveria ser de 12 horas, e não em torno de 6h, como em geral observado. Para contornar esse problema Galileu se remetia às causas concomitantes às secundárias, comentadas anteriormente; ou seja, segundo ele, as condições locais da costa e relevo seriam responsáveis por reduzir em cerca de 6 horas o intervalo previsto a partir da causa primária.

René Descartes (1596-1650), num período contemporâneo à Galileu, apresenta uma teoria mecanicista que, diferente da teoria galileana, atribui a principal causa das marés à Lua. Descartes propunha que entre os astros não havia um vazio e sim uma matéria de natureza fluida, sutil, que os liga, mecanicamente. Segundo sua teoria, não é exatamente a Terra nem a Lua que se movimentam, mas a “matéria sutil” presente entre esses astros (e entre os demais) que, movendo-se em vórtices, os carregava. O vórtice ao redor da Terra, delimitando o céu desta, continha também a Lua.

Segundo Descartes, quando a Lua passava no meridiano celeste de um local, as compressões geradas por ela sobre o vórtice e as geradas por este sobre a Terra faziam as águas como que escorressem perpendicularmente à direção em que ela se encontrava (Figura 2), gerando, no local da Terra abaixo dela, bem como no local oposto, marés baixas. Ao mesmo tempo, nos locais da superfície da Terra perpendiculares à direção que unia os centros da Lua e da Terra, ocorreriam marés altas.

Figura 2: Ilustração representando o modelo de Descartes para a origem das marés da Terra.



Fonte: Mariconda, 1999.

Como detalhado na Figura 2, no ponto F sob a Lua haverá uma maré baixa devido à Lua achatando as águas na direção perpendicular à direção em que se encontra, gerando as protuberâncias nos pontos E e G, que terão marés altas. A compressão da Lua sobre a Terra por

meio da matéria que preenche o céu, além de deslocar as águas que se encontram em F, desloca também um pouco a Terra, e esse deslocamento provoca uma compressão sobre as águas que se encontram no lado oposto a F, deslocando-as na direção E - G. Isso explica que tenhamos maré baixa também em H. Considerando a rotação da Terra, nota-se pela Figura 2 que, após aproximadamente 6 horas, o ponto E estará sob a Lua, vivenciando então - ele e o ponto G - maré baixa, enquanto nos pontos F e H teremos então maré alta.

Assim, a teoria de Descartes explicava porque aconteciam duas marés altas e duas baixas, durante o dia, no mesmo lugar. Além disso, através do movimento da Lua ao redor da Terra, conseguia explicar o atraso diário de aproximadamente 50 minutos que se observava no horário de uma maré alta, por exemplo, em relação ao dia anterior.

Para explicar as variações de marés ao longo de um mês, Descartes partia da ideia de que o céu da Terra tem uma forma oval e assim, ao longo do mês, quando a Lua estivesse mais próxima do centro do vórtice da Terra, seu movimento se daria com maior velocidade, ocasionando marés mais intensas.

Esta teoria, apesar de ter sido dominante durante a segunda metade do século XVII, ia contra algumas observações, pois pelo mecanismo que usava para explicar as marés, a passagem da Lua no meridiano de um lugar deveria produzir um momento de maré baixa, e, quando estivesse no horizonte do lugar, uma maré alta.

Ao final do século dezessete, surge uma teoria que apresenta uma nova proposta de explicação para dar sentido às relações entre o comportamento das águas do mar e os astros. A partir de um novo conceito, a ideia de uma força de gravitação universal, ou seja, entre todos os corpos com massa, Isaac Newton (1642-1727) explicava a queda dos corpos próximos à superfície da Terra e ao mesmo tempo, vários fenômenos astronômicos, tais como o fato da Lua permanecer em órbita ao redor da Terra, e dos planetas girarem ao redor do Sol. Newton aplicou também sua teoria para explicar as marés como um resultado da influência gravitacional de um astro (como a Lua ou o Sol) sobre as águas na superfície da Terra. Com isso, apresentava uma explicação com conceitos não tão exóticos ou qualitativos acerca da ação da Lua sobre os oceanos.

Mariconda (1999) pontua que a diferença entre o que foi apresentado por Newton e os outros estudiosos, sobre como a Lua interfere no fenômeno de marés é que: “o que Newton propôs como causa das marés é uma propriedade universal da matéria e não uma causa particular que procura estabelecer algum tipo de vínculo essencial entre a Lua e o elemento da água” (MARICONDA, 1999, p.66).

O conceito de força gravitacional foi apresentado no livro *Princípios Matemáticos de Filosofia Natural*, também referido como *Principia*, em 1687. Ali, Newton propunha que uma força de natureza atrativa ocorria entre quaisquer dois corpos massivos do universo, em particular entre a Terra e uma maçã - ou qualquer outro corpo que cai sobre o solo, entre a Terra e a Lua, ou entre qualquer um dos planetas – inclusive a Terra - e o Sol; propôs ainda que essa força gravitacional é diretamente proporcional ao produto das massas dos corpos envolvidos, e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre eles.

A fim de examinar quantitativamente a hipótese de que a força gravitacional poderia ser a forma pela qual a Lua seria causadora das marés, então, Newton aplicou sua teoria às águas da Terra.

Em seu modelo, ele supôs que a Terra fosse coberta apenas por água, sem nenhuma porção de continente alternada entre os oceanos. Além disso, para a análise do efeito da força gravitacional da Lua sobre os diferentes pontos da Terra considerou as águas do planeta em equilíbrio, sob ação do planeta e da força do astro, cujo efeito sobre a configuração das águas queria analisar.

Newton conseguiu demonstrar qualitativamente: o período entre uma maré alta e uma baixa; a quantidade de marés que havia durante um dia; as intensidades variáveis das marés durante um mês, relacionadas às fases; o atraso diário nos horários das marés; a Lua como sendo o principal agente gravitacional na produção das marés, sendo, de acordo com os cálculos de Newton no período de publicação, 4,5 vezes mais intenso que o Sol (EKMAN, 1993). Porém, ele superestimou esse valor, que hoje sabemos ser de aproximadamente 2,2 vezes.

O poder de predição das marés utilizando-se somente os fatores astronômicos permite explicar a origem desse fenômeno, porém não possibilita prever características específicas das marés nos diversos locais do globo. Por exemplo, de acordo com a teoria newtoniana, as marés teriam maiores amplitudes em regiões mais próximas do Equador, no entanto, isso não se reflete ao longo das observações empíricas. Podemos dizer que Newton tratou o problema de marés como algo estático, considerando o equilíbrio de forças gravitacionais (da Terra e da Lua) sobre as águas, como veremos mais adiante; sua abordagem teve êxito em determinar a origem das marés, no entanto, há limites nela, na medida em que não incorpora a influência dos aspectos concomitantes (condições locais) pontuados por Galileu, na dinâmica das águas.

Aproximadamente cinquenta anos após o desenvolvimento da teoria de Newton, a Academia de Ciências de Paris promoveu uma premiação para um ensaio que envolvesse o problema das marés, tendo em vista as lacunas importantes que ainda precisavam ser explicadas, ligadas às características diferenciadas das marés nos diversos locais do globo.

Um dos quatro vencedores desse prêmio, Daniel Bernoulli (1700-1782), importante matemático, aperfeiçoou os cálculos que fundamentavam a teoria que Newton apresentou, inclusive sobre as proporções das intensidades das marés do Sol e da Lua, citadas anteriormente. A apresentou ainda revisões muito precisas das marés em alguns portos específicos, fazendo uso das observações realizadas nos mesmos.

Dividindo o prêmio com Bernoulli e os demais ganhadores, Leonhard Euler (1707-1783) também se apoiou na teoria de Newton para explicar as marés. Tentou tratá-las como um problema do movimento de um fluido, mas não obteve muito sucesso em virtude das condições das marés que representou em suas equações terem sido consideradas pouco representativas da realidade (MARMER, 1922). Case (2000) pontua que os ensaios vencedores, embora com contribuições, não chegaram a trazer avanços significativos no estudo das marés.

A quebra de paradigma sobre como tratar o problema de marés, em busca de responder as perguntas que ainda eram pertinentes, ocorreu com a abordagem proposta por Pierre-Simon Laplace (1749-1827), no fim do século XVIII. Segundo Marmer (1922) e Ekman (1993), em seu principal trabalho - *Mecânica Celeste*, obra publicada de 1799 a 1825, Laplace deduz uma equação de onda para as marés, à qual Ekman (1993) chama de “fórmula de Laplace para marés” e que é a base do que depois ficou conhecida como Teoria Dinâmica das Marés.

Ele deduz um conjunto de equações para o movimento de um fluido em 3 dimensões sobre um globo esférico (a Terra), fazendo uso: da equação de continuidade (conservação da massa para líquidos incompressíveis), da equação de movimento de Newton aplicada ao fluido sobre a esfera, e da expressão da força da gravidade de Newton para indicar a ação do astro sobre o fluido, na equação de movimento do mesmo. A força da gravidade é representada em suas equações por um potencial e ele faz um estudo para as soluções dessas equações considerando um potencial escrito como somas de funções trigonométricas, cujos ângulos são funções do tempo; expressa, assim, o potencial como soma de funções periódicas, o que reproduz o comportamento dos astros em relação a um lugar específico da Terra. Ao estudar as soluções possíveis das equações para os potenciais gravitacionais dos astros descritos dessa forma, Laplace identifica que deve haver pelo menos três tipos de ondas de marés, sendo uma delas a de período semidiurno.

Essa proposta para descrever e estudar as marés esbarrou nas dificuldades de cálculos para desenvolver predições, pelo fato de sua aplicação envolver muitas variáveis. As equações incluem muitos aspectos do real: descrevem o potencial gravitacional sobre qualquer ponto da Terra incluindo a declinação e altura do astro que produz as marés, bem como a latitude do observador, e permite incluir efeitos da profundidade local e da forma da costa sobre as

soluções. Porém, ao considerar esses últimos aspectos, a matemática envolvida se tornava humanamente impossível de resolução.

No entanto, a proposta de descrição e análise que Laplace apresentou serviu de inspiração e fundamentação para os futuros estudiosos desse fascinante fenômeno.

É importante termos em mente que os estudos acerca de marés não tinham como objetivo apenas apresentar um modelo científico preciso que respondesse os questionamentos da “comunidade científica”. A sociedade, antes da invenção do avião e do desenvolvimento da aeronáutica, dependia fortemente dos portos para o deslocamento das pessoas e mercadorias. Ainda hoje há muito investimento nos avanços tecnológicos para as previsões de marés.

Lembremos que cada região possui um regime específico de marés. De acordo com o relato de Marmer (1922), era necessário, para a época, tratar cada local como um problema específico de marés. Isto é, precisava-se realmente levar em consideração - e isso estava mais claro, nesse período -, as particularidades de cada porto ou área, para haver as previsões desejáveis.

As alturas e horários das marés podem ser observados e medidos ao longo dos dias, meses e anos. Os valores encontrados, a partir dessas observações criteriosas, podem ser organizados na forma de tábuas de marés, produzidas e usadas até hoje. A mais antiga que se tem notícia foi produzida ainda no século XIII e apresentava os horários das marés altas e baixas do Rio Tâmisa, abaixo da Ponte de Londres, na Inglaterra (MARMER, 1922). As observações eram empíricas e específicas para tal local. Tenhamos em mente que não só o deslocamento de pessoas e mercadorias, mas também construções de casas, estabelecimentos, pontes e rodovias próximas ao mar devem levar em consideração o nível das marés nas mais diversas situações, como época do mês, ano entre outras.

Assim, há muita importância nas aplicações dos conhecimentos sobre marés, e estes estavam em forte progresso a partir de estudos de astrônomos, oceanógrafos, geólogos, entre outros.

Marmer (1922) considera que a descrição teórica de Laplace e o crescimento das observações das marés nas diversas partes do globo contribuíram para uma nova formulação para o problema das marés, a exemplo do que ocorrera com a teoria da gravitação de Newton, em momento anterior:

A formulação mais antiga do problema da maré envolveu a determinação da agência por meio da qual a lua controlava a maré. Com o anúncio da lei da gravitação, o problema mudou para derivar uma fórmula matemática para expressar completamente a subida e descida da maré em qualquer ponto em resposta às forças produtoras de

maré do sol e da lua, isso envolvendo a suposição de que a maré representa um fenômeno mundial. Agora chegamos a uma mudança adicional no reconhecimento de que os fenômenos das marés, como os encontramos na natureza, envolvem vários problemas. Do jeito que as coisas estão agora, podemos formular os problemas da maré da seguinte maneira: dadas as forças produtoras da maré do sol e da lua e a forma, tamanho, profundidade e localização de uma bacia oceânica ou outro corpo de água; obtenha-se os fenômenos de marés resultantes”. (MARMER, 1922, p. 214)

Considera, assim, que as marés, na forma como se manifestam nos diversos oceanos, não devem ser vistas como um fenômeno único, mas compreendidas como fenômenos locais unidos por terem em comum a força gravitacional do Sol e da Lua como perturbação que as gera e mantém. Essa é uma compreensão que irá se aprofundar, a partir da ampliação e dos métodos de sistematização de dados obtidos sobre características das marés nos diversos oceanos, no século XIX.

Em 1833, o inglês William Whewell (1794-1866) seguiu uma ideia levantada de forma preliminar por outros estudiosos, e reuniu dados disponíveis sobre as marés em diferentes portos sistematizando-os num mapa de linhas cotidais, ou seja, um mapa com linhas ligando os pontos onde as marés altas ocorrem ao mesmo tempo. O mapa ilustrado na Figura 3, a seguir, data de 1891, e nos auxilia a visualizar melhor as linhas cotidais sugeridas por Whewell.

Figura 3: Ilustração de um mapa de linhas cotidais.

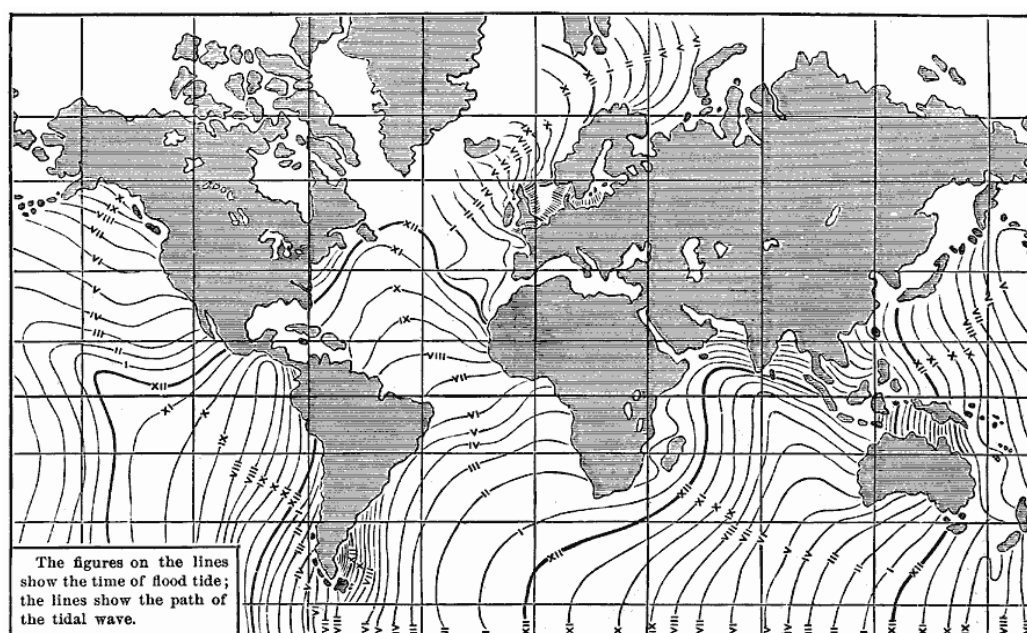


Fig. 75. Co-Tidal Chart.

Fonte: The Elements of Physical Geography (Philadelphia, PA: Eldredge & Brother, 1891). Disponível em <<https://etc.usf.edu/maps/pages/2600/2608/2608.htm>>. Acesso em: 30 dez. 2020.

De acordo com a interpretação de Whewell para o mapa que obteve, as marés eram originadas na região ao sul dos grandes oceanos - Atlântico, Índico e Pacífico, ou seja, no oceano Antártico, e progrediam para o norte. Por isso, sua teoria ficou conhecida como Teoria da Onda Progressiva, ou Teoria do Oceano Antártico.

Marmar (1922, 1928) destaca que Whewell não tinha garantia sobre as linhas que elaborou em seus desenhos - e ele próprio chamava a atenção sobre isso -, uma vez que não dispunha de dados de muitos portos, nem estes eram tão precisos. Considera também que, apesar de Whewell ressaltar que queria que os dados mostrassem as marés como elas ocorriam, sem nenhuma teorização, a teoria da onda progressiva de certo modo estava subjacente à forma como o mapa foi construído. Isso porque na prática, dispunha-se de pontos, ou seja, informações sobre as marés, apenas da costa, e Whewell unia pontos muito distantes em suas linhas, a partir dos pressupostos da ideia de onda progressiva.

De todo modo, a teoria foi bastante aceita pelos estudiosos da época porque explicava diversas observações das marés e foi considerada bem plausível, para o momento.

Além disso, com o prestígio de sua teoria, foi possível a Whewell fazer uma mobilização para a realização de observações simultâneas das marés em vários portos dos Estados Unidos e de países europeus, ao longo de três semanas.

A aceitação da teoria no meio acadêmico chegou ao ponto de as próprias considerações de Whewell sobre possíveis limitações dela serem ignoradas, por vários anos (MARMER, 1928).

No entanto, a ampliação da obtenção e acúmulo dos dados mostraram que ainda havia lacunas na teoria da Onda Progressiva. Por exemplo, as direções diferentes das marés não eram explicadas de acordo com a progressão das marés.

É importante salientar, ainda, a criação do marégrafo por Lord Kelvin (1824-1907), em 1872 (Figura 4), que auxiliou fortemente o desenvolvimento dos trabalhos que passaram a ser produzidos.

Aos poucos pesquisadores começaram a considerar que as características das marés observadas em determinadas costas marinhas não eram tão bem explicadas pela ideia de uma onda progressiva advinda do Oceano Antártico, e começaram a analisar a possibilidade das marés naquelas localidades e em outros locais resultarem da formação de ondas do tipo estacionárias.

Figura 4: Desenho representativo de marégrafo criado por Lord Kelvin em 1872.



Fonte: McCully, 2006.

Ondas estacionárias apresentam formas em que as suas posições de máximo e mínimo não variam com o tempo, ou seja, são ondas em que cada ponto do meio onde ela se forma está em fase com o outro.

Esse, de fato, seria outro tipo de onda que poderia se formar nos oceanos, bacias, estuários, a partir das forças perturbadoras periódicas da Lua e do Sol sobre as águas do planeta. A ideia de que as marés pudessem se formar com esse padrão foi defendida principalmente pelo oceanógrafo americano Rolin Harris (1863-1918), a partir de um artigo publicado em 1901 onde apresentou um estudo matemático dos modos de vibração de corpos de água. Harris apresentou também um mapa de linhas cotidais fazendo uso dos dados adicionais acumulados desde o mapa de Whewell, e partindo da interpretação de que em oceano aberto teríamos a formação de ondas estacionárias em consequência da perturbação gravitacional da Lua e do Sol (MARMER, 1928). Apresentou, ainda, o conceito de pontos anfidrômicos, que são correspondentes a nodos das ondas estacionárias, onde as marés teriam amplitude nula ou próximo de nula. Segundo Camargo e Harari (2015), a partir desse ponto, a propagação faz com que as linhas de mesma fase da oscilação sejam radiais em relação a ele.

Essa teoria, diferente da Teoria da Onda Progressiva, expressa que as marés nos diversos locais não possuem uma origem única, ou seja, não resultam da propagação de uma maré específica que se formou num determinado local, mas originam-se marés distintas, em cada região que estejamos interessados em estudar. A Lua e o Sol ainda são considerados os agentes astronômicos causadores do fenômeno, conforme pensado por Newton, no entanto, cada região dos oceanos no globo responde vibrando de maneira específica em relação às perturbações que esses astros irão causar.

Tais perturbações irão gerar ondas estacionárias com características diferentes, em razão de muitas variáveis, tais como o relevo da costa, profundidade das águas, época do ano, presença de sedimentos, temperatura da água, entre outros.

A Teoria de Ondas Estacionárias recebeu algumas críticas pesadas de cientistas que acreditavam de forma aficionada na teoria que Whewell havia proposto. Lidou ainda com certo preconceito da comunidade europeia que estudava marés. No entanto, certo tempo depois, o prestigiado matemático e físico francês Poincarè (1854-1912) apresentou análises bem convincentes e sistematizadas sustentando a teoria de Harris, o que fez com que esta merecesse novos olhares entre os que ainda eram céticos em relação a ela.

Ainda agregando valor a essa teoria, é importante citar o trabalho desenvolvido pelo oceanógrafo americano Arthur Doodson (1890-1968), no início do século XX que, de acordo com Ekman (1955) e McCully (2006), quantificou 386 componentes variáveis que seriam determinantes para a análise de marés numa determinada região! As diferenças de forças atrativas da Lua e do Sol seriam apenas duas dessas.

Hoje temos acesso online a várias tábuas de marés que são desenvolvidas a partir dos dados de alguns tipos de marégrafos, mais modernos que aquele pioneiro desenvolvido por Kelvin no fim do século XIX. Os dados obtidos passam por análises computacionais e nos informam o horário em que a maré estará cheia ou seca, qual será a altura máxima e mínima, qual a posição da Lua e do Sol no momento, e outras informações.

Os conhecimentos que obtemos sobre as marés nos são úteis hoje de diversas maneiras, como para definir o horário em que os pescadores sairão para as pescas, o local certo para a perfuração de um poço para exploração de petróleo, em qual momento oportuno uma embarcação poderá atracar em um porto, entre outros.

Entendemos que o fenômeno de marés teve um processo de construção conceitual muito rico e com diversas ideias e análises que foram revistas ao longo da história. Ele apresenta uma complexidade de fatores que geraram muitas indagações, como por exemplo, de que forma a Lua estaria agindo e ainda, se ela realmente estava relacionada às marés. A compreensão atual identifica a origem do fenômeno na força gravitacional da Lua e do Sol sobre as águas da Terra, atribuindo ao mesmo tempo papel significativo a vários outros fatores. McCully (2006) sistematiza a visão atual relacionando, numa analogia, a origem das marés aos músicos de uma orquestra sinfônica e seus respectivos instrumentos. Para uma boa apresentação é necessário que os músicos estejam muito bem ensaiados para que juntos, harmonizem uma melodia. O mesmo acontece a cada componente das marés, como a Lua, o Sol, formato da costa local, atrito

entre as águas e a Terra, latitude, entre outros fatores que, em sinergia, configuram o fenômeno das marés para uma região específica.

Como estamos nos propondo a estudar as marés objetivando fortalecer a relação entre o Ensino de Física e a Educação em Astronomia para o Ensino Médio, optamos por detalhar, a seguir, a Teoria do Equilíbrio de Isaac Newton.

2.2 A Teoria do Equilíbrio para as Marés

Podemos resumir que as marés, numa perspectiva topocêntrica, são variações regulares no nível das águas do mar, em determinado local, com ciclo médio de aproximadamente 12 horas e 24 minutos. Essas variações são mais intensas nas fases cheia e nova da Lua, e podem mudar de intensidade também conforme a época do ano. Na grande maioria dos lugares, há duas marés altas (e duas baixas) ao longo do dia, mas há regiões da Terra em que ocorre somente um máximo, em 24 horas e 48 minutos (OLIVEIRA E SARAIVA, 2014). Esses são alguns aspectos que podem ser abordados sob um ponto de vista da Física e da Astronomia, como falamos anteriormente.

Nessa seção, apresentaremos com mais detalhes como a teoria da gravitação de Newton possibilita explicar esses fatos observados sobre as marés. O modelo de Newton, como comentado anteriormente, parte de algumas simplificações, tais como: assume a superfície do planeta coberta apenas por água, sem porções continentais intercaladas no meio desse oceano único; e desconsidera efeitos da rotação sobre os movimentos das águas. Para aplicarmos a teoria da gravitação a esse modelo simplificado do nosso planeta, retomamos o conceito e a expressão matemática para a força gravitacional.

De acordo com a teoria da Gravitação Universal, todo corpo pontual (partícula) com massa que se encontra próximo a outra partícula com massa fica submetido a uma força de atração que atua na direção que o une à partícula. Essa ação é, pela própria definição que acabamos de dar, recíproca. A intensidade da força gravitacional (F) que atua sobre o corpo pontual é diretamente proporcional ao produto de sua massa (m_1) pela massa da outra partícula envolvida (m_2) e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre eles (r), de acordo com a equação (2.1), em módulo, a seguir:

$$F = \frac{Gm_1m_2}{r^2} \quad (2.1)$$

Na equação (2.1), G representa uma constante de proporcionalidade, conhecida como constante gravitacional universal, cujo valor só foi obtido em 1798 através de um experimento desenvolvido por Henry Cavendish (1731-1810).

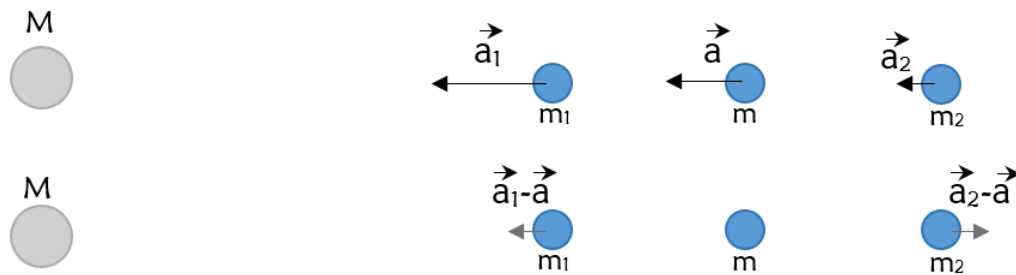
Newton mostrou matematicamente que a ação gravitacional de um corpo esférico (não pontual) na região externa à sua borda é idêntica à ação de uma partícula de mesma massa que estivesse posicionada no centro do corpo. Ou seja, fora do corpo esférico, tudo ocorre como se houvesse uma partícula pontual, com massa idêntica à dele, localizada no seu centro.

Quando analisamos a força gravitacional exercida pelos astros (que são quase esféricos) - a Terra, por exemplo, ou a Lua -, em corpos pontuais que se encontrem em sua vizinhança, é usual assumirmos essa aproximação. Assim, o campo gravitacional da (quase esfera) Lua, no espaço fora dela, é igual ao campo que uma massa pontual de massa idêntica à da Lua, situada no centro dela, exerceria naquela região. Ou ainda, uma “partícula” que venha a sofrer a influência gravitacional de um astro no espaço, sendo sujeito a uma força gravitacional atraindo para o astro, que é idêntica à força que sentiria se houvesse, no centro deste, uma única partícula de massa igual à dele.

Contudo, se formos analisar os efeitos gravitacionais de um astro de massa M , a Lua, por exemplo, não mais sobre uma partícula no espaço, mas sobre outro astro – outro corpo extenso -, em sua proximidade, precisamos levar em consideração que as partículas que compõem esse outro astro, a Terra, por exemplo, estarão a diferentes distâncias do centro da Lua, sujeitas, cada uma delas, a acelerações de diferentes intensidades e direções. Essas diferenças tendem a acelerar tais partículas para regiões específicas do astro que elas compõem (a Terra, por exemplo), tendendo a gerar deformações ou, no caso das massas de água que eventualmente façam parte desse astro, gerar o acúmulo delas, nessas regiões.

A Figura 5 a seguir, adaptada do livro *Astronomia e Astrofísica* de Oliveira e Saraiva (2014), ilustra bem, e de forma analógica, essa concepção. Ela representa a análise qualitativa do efeito gravitacional de um astro M , sobre três partículas de mesma massa ($m_1 = m_2 = m$) alinhadas com ele, e a diferentes distâncias do mesmo. Essas partículas podem ser pensadas como em posições equivalentes às de duas partículas (aquelas nas extremidades) em posições opostas sobre a superfície de um planeta, e outra (m) no centro do mesmo, todas numa mesma direção que une o centro do astro M ao centro do Planeta. Abstraímos, então, o efeito sobre elas, como se estivessem livres, e sob a ação gravitacional de M .

Figura 5: Representação das acelerações das massas m_1 e m_2 num referencial inercial (imagem de cima) e no referencial da massa do centro (imagem de baixo).



Fonte: Adaptada de Oliveira e Saraiva, 2014.

A parte superior da Figura 5 representa as três partículas num referencial inercial, onde são válidas as leis de Newton. O corpo de massa M , por atuar gravitacionalmente nas massas iguais m_1 , m e m_2 situadas numa mesma direção em relação a M , contribui para produzir acelerações diferentes, em cada partícula. Como a primeira partícula, de massa m_1 , está mais próxima de M , a aceleração dela em função de M seria mais intensa que a da segunda, m , e a desta, mais do que a de m_2 .

A imagem inferior da Figura 5 corresponde a uma descrição das acelerações das massas m_1 e m_2 , adotando-se agora o referencial da partícula de massa m situada entre as duas (em nossa analogia, m ocuparia o centro do planeta, seu centro de massa). Nesse referencial da partícula m , a aceleração dessa partícula, naturalmente, é nula, “desaparece”. Da mesma forma, as acelerações de m_1 e m_2 nesse referencial, ou seja, as acelerações relativas à partícula m , são obtidas “retirando-se” da aceleração que cada partícula tinha no referencial inercial, a aceleração de m naquele referencial. Nota-se, com a ilustração da parte inferior da Figura 5, que pode se tornar mais perceptível a tendência de afastamento das massas m_1 e m_2 entre si e de cada uma em relação a m , adotando-se o referencial da massa m , devendo-se ter em mente que essa tendência se manifestará para qualquer observador.

Como mencionamos anteriormente, as massas m_1 e m_2 podem ser pensadas como massas que compõem um astro de prova (a Terra, por exemplo) e que estão situadas sobre a superfície deste em lados opostos, na direção que une tal astro ao centro de M (a Lua, por exemplo).

As diferenças de forças gravitacionais nas massas, ou mais amplamente, nas partes distintas do astro de prova (como a Terra) - em outras palavras, as “forças diferenciais” gravitacionais no astro -, são as causadoras dos efeitos de marés. Se pensarmos em m_1 e m_2

como unidades de massas de água, vemos, da ilustração, que as águas², então, tendem a se deslocar para pontos opostos do planeta, considerando a direção que une o centro da Terra e o da Lua.

É a diferença de força gravitacional sobre uma unidade de massa num ponto da superfície e a força gravitacional sobre uma unidade massa no centro de massa do planeta que produz uma aceleração relativa entre a massa sobre esse ponto na superfície e a massa no centro de massa, tendendo a produzir afastamentos entre partículas. Quando se utiliza a lei da gravitação de Newton para obter as forças de maré ou forças diferenciais (diferenças entre a força gravitacional que atua na partícula, e a força gravitacional sobre o centro de massa) para partículas em pontos diversos da superfície terrestre, resulta numa configuração semelhante à ilustrada na Figura 6.

Figura 6: Representação das forças de marés experimentadas por elementos de massa em diversos pontos da Terra, segundo o modelo da Teoria do Equilíbrio.



Fonte: Adaptada de Maré. In: Wikipedia. Disponível em: <<https://pt.wikipedia.org/wiki/Mar%C3%A9>>. Acesso em: 25 nov. 2020.

Essa configuração de dois bojos alinhados com a Lua (ou com o astro que esteja no lugar dela) explica qualitativamente várias das observações que destacamos anteriormente. Os bojos representam regiões onde ocorrem marés altas e se formam na mesma direção que une Terra e Lua. Essa configuração explica, portanto, a ocorrência de duas marés altas e duas baixas ao longo do dia, tendo em vista que, conforme a Terra gira, um observador irá passar por regiões alinhadas com a Lua a cada 12h, aproximadamente.

O fato do intervalo de tempo entre dois máximos ou entre dois mínimos de marés não ser exatamente 12h mas sim algo em torno de 12h e 24min também pode ser explicado a partir dessa configuração, lembrando-se que a Lua muda de posição devido à sua translação ao redor da Terra. Essa translação ocorre no mesmo sentido da rotação da Terra, com a Lua realizando

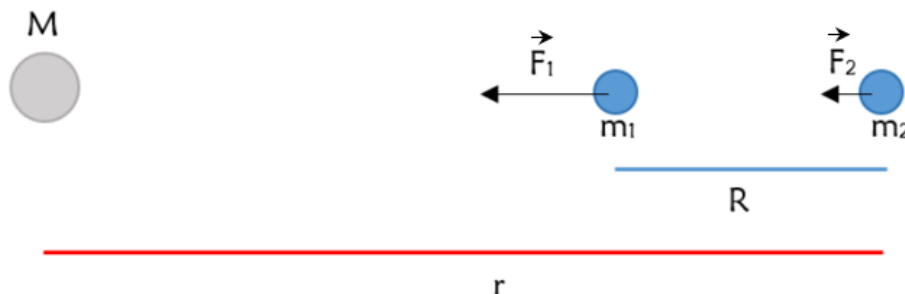
² As partes sólidas da Terra também são sujeitas às forças de maré, porém resistem mais à deformação que as partes líquidas.

sua passagem sobre um mesmo meridiano após 24h e 48 min. Assim, após um ponto sobre a Terra estar alinhado com a Lua por ocasião da passagem meridiana dela (ocorrendo maré alta, ali, no modelo newtoniano), irá encontrar-se alinhado novamente com ela (em posição oposta a ela, nesse caso) após 12h e 24min.

O mesmo tipo de análise feito para identificarmos o efeito de maré da Lua sobre a Terra pode ser adotado também para analisarmos o efeito de maré do Sol na Terra. Do ponto de vista qualitativo, o astro M poderia ser pensado tanto como a Lua, como o Sol. A fim de compararmos quantitativamente o efeito de cada astro sobre a Terra, vamos obter uma expressão matemática que permita estimar os efeitos de maré de um astro sobre o outro.

A partir da Figura 7, mudaremos a análise em relação à desenvolvida na Figura 5, onde focalizávamos as acelerações das partículas. Aqui, assumiremos novamente o referencial inercial e faremos uso da expressão da gravitação universal para deduzirmos o valor da diferença entre as forças F_1 e F_2 , e assim, chegarmos à expressão que nos permite calcular as “forças diferenciais” que irão gerar os efeitos de maré.

Figura 7: Representação das distâncias de m_1 e m_2 ao astro M.



Fonte: Adaptado de Dedução das Forças Diferenciais. In: *Astronomia e Astrofísica* (Oliveira; Saraiva). Disponível em: <<http://astro.if.ufrgs.br/fordif/node2.htm#SECTION00110000000000000000>>. Acesso em: 30 dez. 2020.

A distância entre as duas partículas m_1 e m_2 está representada por R , e a distância da partícula m_2 a M , por r . Essa representação da Figura 7, segue a analogia apresentada anteriormente, ou seja, as massas m_1 e m_2 podem ser pensadas como em posições equivalentes às de dois pontos opostos na Terra, de modo que a distância R corresponde, na analogia, ao diâmetro terrestre; M representa a Lua. Podemos calcular a diferença vetorial entre as forças nos extremos do planeta como uma estimativa das forças de maré do astro M sobre o planeta, o que resulta na seguinte equação escalar:

$$\Delta F = F_1 - F_2 \quad (2.2)$$

Agora, aplicando a expressão da gravitação universal (2.1) na expressão (2.2), teremos:

$$\Delta F = \frac{GMm_1}{(r-R)^2} - \frac{GMm_2}{r^2} \quad (2.3)$$

$$F_1 - F_2 = GM \left[\frac{m_1}{(r-R)^2} - \frac{m_2}{r^2} \right] \quad (2.3.1)$$

Supondo que as massas m_1 e m_2 sejam iguais, ou seja, $m_1=m_2=m$, e desenvolvendo as operações algébricas, temos:

$$F_1 - F_2 = GMm \left[\frac{r^2 - (r-R)^2}{r^2(r-R)^2} \right] \quad (2.4)$$

$$F_1 - F_2 = GMm \left[\frac{2rR - R^2}{r^4 - 2Rr^3 + r^2R^2} \right] \quad (2.4.1)$$

$$F_1 - F_2 = GMm \left[\frac{2r-R}{r^4 \left(1 - \frac{2R}{r} + \frac{R^2}{r^2}\right)} \right] \quad (2.4.2)$$

Tomando $r \gg R$, isto é, a distância r sendo consideravelmente maior que a distância R , temos que: $2r - R \cong 2r$, e $1 - \frac{2R}{r} + \frac{R^2}{r^2} \cong 1$. Finalmente, chegamos a:

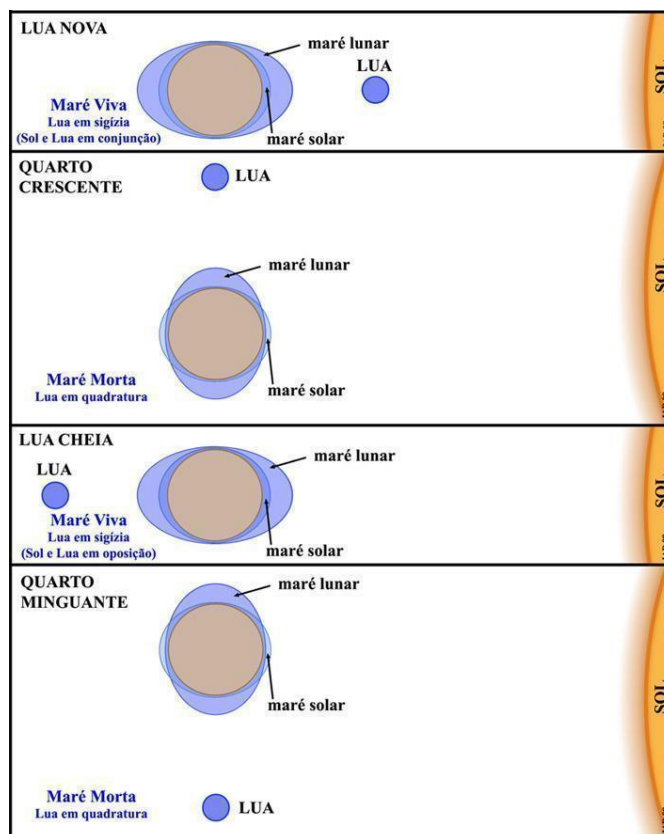
$$\Delta F = \frac{2GMm}{r^3} R \quad (2.5)$$

A partir da expressão acima, podemos perceber que o efeito de marés está diretamente relacionado ao produto entre a massa do corpo que sofre o efeito (m) e a do astro (M) envolvidos, bem como ao diâmetro do planeta; e que se relaciona inversamente ao cubo da distância entre eles. A expressão pode ser usada para inferir qual dos astros, a Lua ou o Sol, é o principal causador das marés na Terra.

Próximo ao nosso planeta temos o Sol e a Lua que exercem efeitos consideráveis de marés aqui, sendo os efeitos de marés deste último astro mais intensos, devido a sua maior proximidade da Terra. A Lua, provoca não as maiores forças gravitacionais na Terra, já que a atração gravitacional do Sol sobre a Terra é cerca de 200 vezes a da Lua, mas as maiores diferenças de forças gravitacionais em pontos extremos da Terra.

Usando a expressão 2.5 podemos concluir que o efeito de marés da Lua sobre a Terra é cerca de 2,2 vezes maior, que o efeito gerado pelo Sol. Os dois, contudo, exercem efeitos consideráveis cuja combinação tem implicações na intensidade das marés ao longo do mês. Ao ficarem aproximadamente alinhados os astros Sol-Terra-Lua, em fases de Lua cheia ou Lua nova, percebemos efeitos de marés mais intensos, são as chamadas marés de sizígia (de alinhamento), ou marés vivas. Por outro lado, nas fases crescentes e minguantes, em que a Lua e o Sol estão posicionados perpendicularmente em relação à Terra, as marés (de quadratura) são mais “contidas” – embora mesmo assim, continuem havendo marés altas e baixas, nesses dias. A Figura 8, a seguir, ilustra tais condições.

Figura 8: Representação das marés de sizígia (marés vivas) e das marés de quadratura (marés mortas).



Fonte: Glossary – Maré. In: Revista de Gestão Costeira. Disponível em: <<https://www.aprh.pt/rgci/glossario/mare.html>>. Acesso em: 30 dez. 2020.

Ao longo do ano, como a posição da Terra em relação ao Sol varia devido a sua órbita elíptica, as marés também sofrem alterações. As marés mais intensas provocadas pelo Sol acontecem quando a Terra está mais próxima desse astro, no periélio, assim como as marés lunares são mais intensas quando a Lua está mais próxima da Terra, no perigeu.

Algumas características observadas nas marés não são respondidas de acordo com a Teoria do Equilíbrio, por isso cabem algumas ressalvas importantes e observações a respeito.

Um exemplo é o fato de que, na prática, na maioria dos lugares, as marés não estão perfeitamente sincronizadas com a passagem meridiana ou antimeridiana da Lua. Ou seja, suponhamos que a Lua esteja passando em nosso meridiano celeste, que será o seu ponto mais alto no céu, naquele dia, e que estejamos numa região costeira. É de se imaginar que a maré esteja cheia, devido a estarmos, naquele momento, passando pelo plano de alinhamento entre Terra e Lua. Todavia, o que percebemos numa praia de Natal, por exemplo, é que a maré alta já aconteceu e, naquele momento, já estaria “secando”, caracterizando, assim, um adiantamento do bojo de água. O relevo da costa continental está diretamente relacionado à compreensão de marés para cada local.

Em sua teoria para as marés, Newton considerou o planeta sem porções continentais e com uma profundidade uniforme. Aplicando essas hipóteses, ele encontrou que deveria haver uma variação das marés de no máximo 1m, em locais próximos à linha do Equador. No entanto, percebemos que as alturas das marés são muito variadas, de acordo com o local. Em Natal, por exemplo, segundo as tábuas de marés emitidas pela Marinha do Brasil, as alturas variam numa média de 2 m de altura, enquanto em alguns portos do Maranhão chegam a 8 m, e na Baía de Fundy, Canadá, em alta latitude, chega a variar aproximadamente 15 m. Demonstrando que outros fatores relevantes além da origem astronômica, mencionados na seção 2.1, estão associados a esse fenômeno.

Apesar dessas limitações, um aspecto muito interessante que pode ser interpretado como aplicações da Teoria do Equilíbrio, é o fato de que a Terra também gera efeitos de marés, na Lua. Tais efeitos são estimados em cerca de 20 vezes as forças de marés causada na Terra pela Lua. Isto gera algumas previsões e hipóteses bem significativas, como a explicação para a rotação da Lua ser sincronizada com sua translação, o que nos possibilita vermos, do nosso planeta, sempre o mesmo lado da Lua - em virtude de processo semelhante ao que ocorrerá com a Terra, conforme discutido a seguir.

Considera-se que há um atrito devido às marés, provocado pelos movimentos das águas na superfície da Terra - as quais tentam acompanhar o planeta em sua rotação, enquanto ao mesmo tempo a Lua as puxa para outra direção, gerando certo arraste entre águas e superfície da Terra. Esse arraste faz com que a rotação da Terra diminua lentamente, e com isso, a duração do dia tenda a se alterar. Em virtude dele, estima-se que o dia terrestre tende a aumentar em

aproximadamente 0,002 segundos por século (1 minuto em 3 milhões de anos), um valor irrisório, é verdade, mas importante de ser abordado, até porque a mídia pode levantar algumas informações sem muito aprofundamento sobre isso, deixando as pessoas temerosas.

Pelo exposto até o momento, vemos que a Teoria do Equilíbrio para as marés, fazendo uso da Gravitação Universal de Newton e de aspectos dos movimentos da Terra e da Lua, permite a compreensão de vários aspectos observáveis das marés. Porém, é claro que há limites nessa teoria que, como visto na seção anterior, foram superados de acordo com as teorias ondulatórias para as marés.

3 O ENSINO DE MARÉS NA EDUCAÇÃO BÁSICA

Em nosso país o Ensino Básico é dividido em três etapas: Ensino Infantil, Ensino Fundamental e Ensino Médio. Durante esse período temos contato com diversos saberes, entre eles as Ciências Naturais, e a partir do estudo delas, podemos conhecer e entender vários fenômenos naturais que nos permeiam. No entanto, alguns fenômenos não são estudados de forma tão sistemática quanto outros. Entre colegas professores, é sabido que o fenômeno de marés normalmente é omitido durante as aulas de ciências ou explorado de forma muito superficial durante toda a Educação Básica, mesmo com um potencial caráter interdisciplinar para seu estudo, como já comentado anteriormente.

Apresentamos aqui os resultados de um levantamento que fizemos na literatura nacional em Ensino de Ciências de trabalhos que envolvessem relatos de experiência ou pesquisas em torno do ensino sobre esse fenômeno, visando identificar se e como o mesmo está sendo introduzido no Ensino Básico, em particular no Ensino de Física. Num primeiro momento, analisamos a BNCC (Base Nacional Comum Curricular), especificamente a Etapa do Ensino Médio, e o que ela propõe que se relacione ao nosso tema. Em seguida, apresentamos e discutimos os trabalhos publicados em revistas e eventos da área, e as dissertações de ensino de Física e de Ciências que encontramos alinhadas ao ensino de marés, em nosso levantamento.

3.1 O ensino de marés na BNCC

No final do ano de 2017, entrou em vigor, para o Ensino Infantil e Fundamental, a BNCC que é o principal documento que regulamenta os conteúdos, competências e habilidades durante a fase de um estudante na Educação Básica, em nosso país. Ao final de 2018, foi homologado também o texto da BNCC referente à etapa do Ensino Médio, que entrou em vigor no ano de 2020, para a completa implantação em 2022. Tal documento tem caráter normativo e define o conjunto orgânico e progressivo de aprendizagens essenciais que todos os alunos devem desenvolver ao longo das etapas e modalidades da Educação Básica (BRASIL, 2018). Entretanto, ao analisar o texto da BNCC, verificamos que não constam quaisquer comentários ou discussões de possibilidades para o ensino as marés, de forma explícita. O que, de certa forma, pode soar fora do comum dada a importância já comentada do tema para diversos segmentos.

Contudo, deve-se ressaltar que a BNCC traz, em sua composição, unidades temáticas que organizam os conhecimentos de cada área ou disciplina. Para a etapa do Ensino

Fundamental, que não é nosso foco mas vale ressaltar, na parte de Ciências consta a unidade denominada Terra e Universo, que é caracterizada conforme o texto a seguir:

Na unidade temática Terra e Universo, busca-se a compreensão de características da Terra, do Sol, da Lua e de outros corpos celestes – suas dimensões, composição, localizações, movimentos e forças que atuam entre eles. Ampliam-se experiências de observação do céu, do planeta Terra, particularmente das zonas habitadas pelo ser humano e demais seres vivos, bem como de observação dos principais fenômenos celestes (BRASIL, 2018, p. 328).

Vemos aqui algum potencial para o desenvolvimento do ensino das marés, na medida em que, por meio desse tema, poderiam ser abordados pelo professor, de forma conceitual, características dos corpos envolvidos no fenômeno – Terra, Lua e Sol, aspectos das dimensões do nosso planeta, da distância entre esses astros, e as forças gravitacionais que geram as marés. Embora lamentemos que não seja orientada explicitamente uma discussão mais fenomenológica e interdisciplinar para o fenômeno nesse nível de ensino, haveria a possibilidade de desenvolver assuntos apontados na BNCC por meio do mesmo.

Para o Ensino Médio, mais especificamente na seção sobre a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, encontramos no texto da BNCC uma apresentação muito similar à aplicada para o Ensino Fundamental, no que concerne à indicação de competências específicas e às respectivas habilidades a serem desenvolvidas naquele nível de ensino. Entretanto, diferentemente do que ocorre no texto para o ensino de Ciências no Ensino Fundamental, o texto da BNCC para o currículo do Ensino Médio não deixa claro o que se trabalhar em Física, por exemplo, em cada um dos três anos de duração daquele nível.

Porém, normalmente o conceito de gravitação é apresentado aos alunos de forma sistematizada durante o primeiro ano do Ensino Médio, o mesmo ocorrendo com as Leis de Kepler, por exemplo. Por ser intimamente relacionado à gravitação envolvida no sistema Sol-Terra-Lua, como já vimos, as marés poderiam ser exploradas e discutidas nesse ano de ensino.

A base apresenta três competências específicas de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, que se apresentam de forma bem generalista, que são:

1. Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas interações e relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e global.

2. Analisar e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar e defender decisões éticas e responsáveis.

3. Investigar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC) (BRASIL, 2018, p. 553).

Entre os fenômenos naturais descritos na primeira competência, ou associado a dinâmica da Terra referida na segunda competência, e ainda, na terceira, caso analisemos situações-problemas ligadas às marés, como a movimentação de navios em portos, podemos sim visualizar o ensino sobre as marés.

Ainda como um fator positivo, o texto da BNCC aponta a importância de haver um conhecimento curricular alinhado com a realidade local; sendo assim, em locais litorâneos as marés ganham ainda maior importância, por fazerem parte de forma mais evidente da realidade dos alunos. Mas mesmo para um estudante que esteja no interior do Brasil, enquanto um cidadão do mundo, cabe estudar o fenômeno das marés, já que é um fenômeno que acontece em escala global e com importância mais ampla na dinâmica do planeta como um todo.

Podemos concluir então, que apesar de não haver referências explícitas ao fenômeno de marés, o texto da BNCC apresenta abertura para que o estudo sobre as marés possa estar presente de forma sistemática no currículo do estudante da Educação Básica.

3.2 O ensino de marés na literatura nacional em Ensino de Física

No que diz respeito à literatura nacional em Ensino de Ciências, realizamos uma busca em diversas revistas e anais de eventos em Educação em Astronomia, Ensino de Física e de Ciências aqui do Brasil, a fim de encontrarmos relatos de experiências ou de investigações sobre o ensino (e a aprendizagem) desse tema. A busca foi realizada nas atas de todos os SNEA's (Simpósio Nacional de Educação em Astronomia) desde o primeiro evento, em 2011; de todos os EPEF's (Encontro de Pesquisa em Ensino de Física) desde o primeiro, em 1994; e de todos os ENPEC's (Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências) desde o primeiro, em 1997, até o momento de nosso levantamento, em dezembro de 2018. Pesquisamos ainda em todas as edições da Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia (RELEA) e nos

artigos dos últimos vinte anos do Caderno Brasileiro de Ensino de Física, considerando o momento de nosso levantamento. Fizemos também um levantamento na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD) em busca de teses ou dissertações sobre o tema. Em todas as pesquisas, buscamos publicações que contemplassem em seus títulos as palavras-chave: “ensino de marés”, “gravitação e marés”. Ressaltamos que, além do levantamento sistemático desenvolvido até 2018, tivemos contato com trabalhos publicados após aquele momento; os mesmos encontram-se incluídos na descrição que segue, podendo ser identificados pelos anos de publicação.

Como resultado desse levantamento, encontramos 21 artigos (18 deles obtidos do levantamento sistemático até 2018) onde de algum modo a temática das marés era contemplada. Entre os artigos, alguns temas foram: aspectos gerais sobre a teoria newtoniana de marés, como abordam os artigos de Kulesza (1988) e Silveira (2003); propostas para o ensino, como os trabalhos de Bisch (2016) e Souza (2016). Encontramos também artigos que se preocuparam em pesquisar o que os alunos entendem sobre esse fenômeno, levantando concepções de alunos do Ensino Fundamental (SILVA *et al.*, 2012), e de estudantes do Ensino Médio (BATISTA *et al.*, 2020). Nos aprofundaremos um pouco mais sobre esse tema de levantamento de concepções no próximo capítulo.

No caso da busca em teses e dissertações na BDTD, foram encontradas 5 dissertações: as de Silva (2016); Santos Neta (2017); Rezende (2017); Jesus (2018) e Soares (2019). Essas dissertações estão relacionadas ao Ensino de Física ou Astronomia e todas apresentam aplicações de unidades didáticas em turmas do Ensino Médio.

A dissertação apresentada por Silva (2016) foi acerca da produção de uma sequência didática envolvendo 14 atividades que associam o fenômeno de marés a Gravitação e Astronomia. Entre essas atividades estão testes para levantamento de concepções iniciais, leitura e discussões de textos, trabalhos com softwares de simulação, produção de desenhos e esquemas, entre outros.

Santos Neta (2017) descreve que o ensino de Astronomia dentro do Ensino de Física se apresenta de forma ineficiente na maioria dos casos, e que os alunos não conseguem aprender de forma significativa. Desenvolve seu trabalho destacando principalmente a fragilidade desse ensino e tenta analisar, a partir de pré-testes e pós-testes ligados à aplicação de uma sequência didática desenvolvida por ela, uma melhoria nas organizações de ideias dos alunos. Utiliza-se de marés, como tema, por ser um fenômeno físico presente no contexto em que seus alunos residiam.

Rezende (2017) apresenta algumas ideias interessantes, sob uma abordagem prática e vivencial do fenômeno, que consideramos diferenciada. Durante seu mestrado, ela desenvolveu uma proposta com marés, como tema gerador de investigação. Ela desenvolveu, inicialmente um clube de Astronomia com alunos de uma escola a poucos metros do mar. Propôs a construção de um medidor de marés (marégrafo) simples com uma corda graduada e uma base sólida de cimento, para que os próprios alunos, em um píer, medissem as alturas das marés. Tendo sucesso em sua abordagem no clube, levou sua estrutura básica e desenvolveu uma sequência didática, a partir dos dados que ela havia obtido experimentalmente, para seus alunos do Ensino Médio. Defendeu fortemente a prática vivencial do fenômeno de marés, ideia que compartilhamos, em nossa mente.

A dissertação de Soares (2019) foi um dos trabalhos a que tivemos acesso após nosso levantamento mais sistemático. Ele propõe sua sequência de ensino sob um caráter investigativo e tem como principal produto a construção de um marégrafo, em conjunto com os alunos, que faz uso de uma placa eletrônica e sensores. Constrói também, com os alunos, sua própria tábua de marés em planilhas digitais.

A dissertação de Jesus (2018) é a única que faz análises sobre as concepções espontâneas que os alunos apresentam. Ele faz seu estudo em duas escolas, uma em região litorânea e a outra, localizado no interior do estado da Bahia. O objetivo de seu trabalho foi saber se após a aplicação de uma sequência didática desenvolvida por ele, os alunos mudavam as concepções que traziam. De acordo com seu relato, a grande maioria dos estudantes não apresentava respostas alinhadas ao conhecimento científico, acerca da origem astronômica das marés, antes da aplicação da sequência de ensino. Apresentaremos um pouco mais de detalhes desse trabalho no próximo capítulo.

Ao analisar a quantidade de artigos e dissertações encontradas, dado o período de busca, podemos concluir que há poucos trabalhos publicados sobre o ensino de marés em nosso país. Tendo em vista que o fenômeno está relacionado à vários aspectos da natureza presente no litoral e a fatores socioambientais, como já comentamos no início do trabalho, a pesquisa no ensino sobre o tema poderia estar mais presente em eventos e revistas da área de Ensino de Ciências.

Cabe ainda um comentário adicional relacionado aos livros didáticos do Ensino Médio. Mesmo sem termos realizado uma pesquisa e análise minuciosa nos livros didáticos de Física, é perceptível, considerando o que temos tido acesso em nossa prática na docência da Física, que as marés são quase inexistentes, ou apresentadas de forma muito superficial, na maioria das coleções de livros. Esse fato pode contribuir para deixar o professor mais acomodado em não

abordar as marés na sua prática docente. Esperamos que com o produto desenvolvido nesse trabalho, possamos dar um suporte ao professor que normalmente ele não encontra no livro.

4 O QUE PENSAM OS ALUNOS SOBRE AS MARÉS

Ao iniciar o ensino de qualquer tema, seja relacionado às ciências da natureza, língua portuguesa, matemática, e/ou filosofia, entre outras áreas, é de suma importância que saibamos o que nossos alunos apresentam como conhecimentos prévios, isto é, que ideias eles têm sobre o assunto que se pretende trabalhar. Um levantamento dessas ideias prévias pode ajudar a delinear de uma melhor forma as estratégias didáticas a serem utilizadas com eles.

Abre-se a possibilidade de nos prepararmos para problematizar e debater de forma mais rica cada ideia ou modelo que os alunos possam apresentar. Caso, por exemplo, lancemos mão de estudos de ideias e explicações sobre o tema que tenham sido vigentes num certo período da história da ciência, poderemos levar em consideração as controvérsias enfrentadas por esses modelos para elaborarmos problematizações em torno daquelas concepções de nossos alunos que, eventualmente, guardem similaridades com eles.

Conhecermos resultados de estudos sobre como as pessoas em geral, ou alunos de diversas localidades e contextos educacionais, costumam pensar sobre o tema, é algo que pode contribuir como um ponto de partida. Embora devamos ter em mente que, para cada turma que se vá lecionar este tema, haverá particularidades e será importante fazer um levantamento específico para ela, o contato com estudos já realizados na literatura possibilita nos prepararmos para algumas possibilidades.

Tendo isso em mente, analisamos as produções obtidas no levantamento bibliográfico que fizemos na literatura em ensino de ciências, conforme descrito na seção 3.2, dessa vez focalizando especificamente os trabalhos que buscaram entender que ideias os alunos têm sobre o que são marés. Os dados obtidos nesse levantamento serão discutidos na seção 4.1, a seguir.

Além desse levantamento, realizamos uma pesquisa com estudantes de duas escolas do Rio Grande do Norte para termos contato direto com essas concepções, buscando compreendê-las e refletirmos sobre de que forma elas devem ser consideradas no ensino sobre marés. Apresentaremos esta pesquisa, bem como seus resultados, na seção 4.2.

4.1 Levantamento na literatura em Ensino de Ciências

No capítulo anterior, apresentamos a pesquisa que desenvolvemos acerca de trabalhos na literatura nacional que abordavam o fenômeno das marés no ensino. Este levantamento foi realizado nas principais revistas e eventos da área em destaque no cenário nacional (RELEA, SNEA, ENPEC, EPEF, entre outros), observando o acervo disponível até o ano de 2018. Além

de artigos, também buscamos as dissertações e teses alinhadas a esse tema naquele mesmo período.

Dentro do levantamento, focalizando especificamente os trabalhos que se propuseram a analisar sistematicamente as concepções ou ideias prévias que os alunos apresentam sobre o fenômeno de marés, encontramos apenas um artigo, o qual analisa como as crianças do Ensino Fundamental entendem os termos marés, mangue e manguezais de Silva et al. (2012) presente na Revista Brasileira de Pesquisa em Educação e Ciências.

Mais recentemente, numa busca assistemática, encontramos outro artigo numa linha similar. Este artigo específico, da *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias* (REIEC), denominado “Significados produzidos por estudantes do ensino médio sobre o fenômeno das marés em aulas investigativas”, de pesquisadores de Santa Catarina (BATISTA et al., 2020).

Por fim, encontramos uma dissertação de mestrado (JESUS, 2018) que tem como foco apresentar como os estudantes dos anos finais do Ensino Médio (2° e 3°) percebem e explicam as marés. A seguir, apresentaremos um pouco mais sobre cada trabalho.

O artigo de Silva et al. (2012), apesar de não ser voltado para o Ensino de Física e Astronomia especificamente, traz uma análise interessante sobre como os estudantes do Ensino Fundamental entendem o termo maré, que nem sempre está relacionado ao fenômeno das marés, propriamente dito. Segundo as autoras maré, nas falas das crianças podem estar associadas à ideia de mangues ou manguezais. A pesquisa foi realizada a partir de entrevistas com crianças entre sete e onze anos na cidade litorânea de Recife, Pernambuco - conhecida por ter muita área de mangue mesmo após uma grande degradação provocada pelo crescimento da cidade. As autoras estavam interessadas num enriquecimento de vocabulário dos estudantes em relação à linguagem científica, e chegaram à conclusão que, após implementação de atividades, houve um significativo progresso em relação ao reconhecimento e nomenclatura para cada termo relacionado à problemática inicial, maré, mangue e manguezais.

O artigo de Batista et al. (2020), mais recente, e ao qual tivemos acesso de forma mais assistemática do que a desenvolvida em nosso levantamento, apresenta uma Sequência de Ensino e Investigação (SEI) para tornar o Ensino de Física mais interessante para os alunos, que de acordo com os autores, são muitas vezes desmotivados com a disciplina. O tema da SEI foi Gravitação e Fenômeno de Marés. A aplicação dessa sequência aconteceu numa turma de 1° ano de uma escola localizada em Joinville, cidade litorânea do estado de Santa Catarina. Houve questionários prévios tanto para professores quanto alunos sobre os temas abordados. Durante as aulas seguintes (foram dez encontros de 45 min, no total), as perguntas foram

reformuladas a fim de descobrir se houve uma ressignificação nas ideias anteriores, ou formulação de um novo conceito. Não houve uma classificação específica - em termos de significados - para os tipos de respostas dos alunos; foi verificado, pelos autores, apenas se elas se enquadravam corretamente, ou não, à teoria científica. De acordo com os autores, foi uma sequência bem eficiente, dados os resultados positivos apresentados pelos alunos.

A dissertação de Jesus (2018) tem como título: Concepções apresentadas por estudantes do Ensino Médio da Baía de Camamu e de São Miguel das Matas com relação ao fenômeno de marés. Em escolas de duas cidades diferentes da Bahia, uma litorânea e outra a 152 km em direção ao interior, Camamu e São Miguel das Matas, respectivamente, foram aplicados questionários prévios à implementação de uma sequência didática envolvendo o conceito de Gravitação e o fenômeno de marés. As turmas, eram dos dois últimos anos do Ensino Médio (turmas do 2º e 3º anos), totalizando 116 alunos. De acordo com Jesus, essas duas turmas já haviam estudado Gravitação na disciplina de Física, e ele queria analisar como esses estudantes explicavam alguns conceitos relacionados a este tema e especificamente ao fenômeno de marés.

Esse questionário introdutório envolvia questões de caracterização dos sujeitos da pesquisa, questões relacionadas à gravitação e seis questões relacionadas às marés. As perguntas desse último bloco eram sobre: como ocorrem as marés; o que as ocasiona; a partir de um desenho da Terra com água ao redor, a ser feito pelo estudante, pedia para indicar o lugar de maré alta e de maré baixa, bem como o que as ocasionava; quantas marés altas ocorrem em um dia, no mesmo local; como estará a maré, se a Lua estiver acima de sua cabeça e pedia um desenho representando a Terra, a Lua e Sol, na situação em que a maré é mais intensa.

Segundo o autor, com essas questões ele objetivava levantar as concepções que seus alunos apresentavam sobre marés. Além disso, visava analisar se durante a continuidade das aulas de sua sequência de ensino, que envolviam consulta a um site desenvolvido por ele e o uso de outros meios - livros e sites similares - como fontes de informações, os estudantes conseguiam adequar cientificamente suas ideias, o que era analisado com novos questionários, similares àquele primeiro. A análise das respostas aos questionários observava se o estudante: reconhecia, reconhecia parcialmente ou não reconhecia a gravitação; como as marés acontecem; porque elas acontecem; ou não respondeu à pergunta. Na classificação das respostas, ele não desenvolve uma classificação específica para as ideias dos estudantes da pesquisa, focalizou, nas respostas deles, se estavam totalmente ou parcialmente de acordo, ou ainda, em desacordo, com o conhecimento científico.

Além desses trabalhos nacionais, também tivemos contato com um trabalho espanhol que investigou as concepções que grupos de alunos de uma região da Espanha, em diferentes

níveis de escolaridade, têm sobre o que são e o que causa as marés. O artigo *Ideas de estudiantes de instituto y universidad acerca del significado y el origen de las mareas* (ideias de estudantes dos anos finais do Ensino Médio e universitários sobre o significado e origem das marés) de Corrochano e colaboradores (2017) apresenta um estudo com 321 pessoas em diferentes contextos educacionais, sendo 129 estudantes dos anos finais do Ensino Médio, 19 estudantes de Ensino Técnico e 173 universitários (59 graduandos em educação primária e infantil, 18 estudantes de geologia, 96 estudantes de biologia). O estudo utilizou a aplicação de um questionário contendo uma questão sobre o que são marés e quais as causas para as mesmas; além disso, era solicitado que se fizesse um desenho, numa escala global, que explicasse a resposta à questão proposta.

Na região da Espanha onde foi realizada essa pesquisa, ou seja, Castilla e León, os autores esclarecem que, de acordo com a legislação, as crianças têm seus estudos sobre marés iniciados quando têm por volta de 10, 11 anos, quando começam a estudar a geografia física da Terra e a Lua, bem como suas características e movimentos. Fazendo um paralelo com nosso sistema de ensino, estariam cursando o equivalente ao sexto ano do Ensino Fundamental. Ainda segundo os autores, durante a Escola Secundária Obrigatória (o equivalente ao Ensino Médio, no Brasil), os estudos de marés também devem estar presentes, dessa vez organizados de uma forma mais sistemática e com mais aspectos relevantes. Com isso, o objetivo dos autores na pesquisa que realizaram era saber como os alunos enxergavam o fenômeno das marés e analisar se o que estes tinham aprendido anteriormente ainda estava bem estruturado em seus conhecimentos. Outro dado relevante sobre essa pesquisa é que os locais onde foi realizada não se situam numa região costeira, situam-se quase no centro da Espanha, isto é, a princípio, os estudantes que participaram não estão habituados a vivenciar rotineiramente o fenômeno das marés.

Como resultado da pesquisa, os autores apontaram que cerca de dois terços dos alunos relacionaram as marés à atração gravitacional da Lua sobre o nosso planeta. Entretanto, ressaltaram que apenas 24 alunos (7,5% entre todos) desenharam o modelo mais próximo do científico, que seria a Terra, com dois bojos de marés posicionados em lados opostos e alinhados ao astro que provoca o fenômeno - seja a Lua ou o Sol. Além da Lua, outras causas apontadas para as marés, no conjunto dos participantes, foram: força das placas tectônicas, mudanças de temperatura entre dia e noite, rotação da Terra, fenômenos climáticos (chuvas, ventos, ondulações, degelo), magnetismo terrestre, entre outros.

Vale ressaltar ainda que, daqueles 24 alunos, 21 eram universitários da área de Ciências Experimentais, cuja matriz curricular envolve conceitos de Física e Astronomia. Isto mostra

que para grande parte dos participantes do estudo, o conceito de marés não é muito sistematizado em acordo com a teoria científica.

Note-se que esta não se tratava de uma investigação prévia ao ensino formal do tema, mas posterior a ele; porém, ao relatarmos a seguir os resultados de nossa pesquisa, procuraremos tecer algumas considerações dialogando, quando pertinente, com categorias identificadas nesse estudo.

4.2 Um estudo sobre como os alunos de duas escolas do Rio Grande do Norte (RN) interpretam o fenômeno das marés

Motivados para realizar um levantamento inicial sobre a compreensão que alunos do ensino médio de nosso contexto educacional – do estado do RN - apresentam sobre o fenômeno das marés antes de serem submetidos ao ensino formal sobre o tema, realizamos um levantamento em turmas do primeiro ano do Ensino Médio em duas escolas do estado do RN, sendo uma delas na capital, onde há praias, e a outra, no interior do estado³.

Em nosso estudo, a fim de programarmos melhor as nossas estratégias de ensino, além de procurarmos levantar as ideias dos alunos sobre as marés antes de passarem por um ensino formal sobre o tema, nos preocupamos também em levantar outros aspectos, tais como: a frequência com que vão à praia; que tipo de percepção desenvolvem sobre o ambiente quando vão à praia; que atividades eles desenvolvem lá; eventuais situações significativas envolvendo as marés, que tenham vivenciado; se estabelecem relações entre o fenômeno das marés com aspectos do ambiente local – geografia, fauna, flora específica, bem como com atividades sociais.

Para o desenvolvimento de nossa pesquisa, elegemos como público alvo estudantes do 1º ano do Ensino Médio, os quais, de acordo com a atual Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (BRASIL, 2018), estudam em seu currículo aspectos ligados à gravitação e movimento, conteúdos que estão intimamente relacionados à explicação newtoniana para as marés, o que a princípio potencializa o ensino do tema nesse nível e ano de ensino. A princípio, consideramos importante fazer o levantamento por meio de um questionário, a fim de abrangermos uma quantidade mais significativa de alunos e, após essa etapa, conhecendo

³ Tínhamos previsto a aplicação do questionário para outra escola, essa, mais próxima do mar, para termos três parâmetros de comparação; mas não foi possível, devido à pandemia do COVID-19 que levou à suspensão das atividades das escolas. Tomando como base um teste que fizemos de uma versão anterior do questionário, em escola com esse perfil, acreditamos que essa terceira escola poderia contemplar, mais do que obtivemos com a Escola do Centro, uma vivência mais intensa do mar, e maior familiaridade com o fenômeno das marés, por parte dos alunos. Seria possível, então, analisar se e como essa vivência influencia a percepção e o entendimento dos alunos sobre como acontecem as marés.

melhor o repertório de ideias dos alunos, efetivamos algumas entrevistas para maior detalhamento das ideias levantadas. A etapa que apresentamos aqui diz respeito à aplicação do questionário, o qual elaboramos tendo em mente os aspectos que apontamos no parágrafo anterior, e cujas características serão mais detalhadas na próxima seção desse texto.

Aplicamos nosso questionário (apresentado na íntegra no Apêndice A) durante o mês de novembro de 2019, nas turmas de primeiro ano do Ensino Médio de duas escolas públicas do estado – como mencionado antes, uma na capital, onde temos praias, e outra no interior. Com isso, nosso estudo abrangeu: três turmas de uma centenária escola no centro da cidade de Natal, que aqui caracterizaremos como Escola do Centro, da qual participaram 82 alunos que residem nas mais variadas regiões da cidade; e duas turmas de uma escola na cidade de Currais Novos, aqui denominada Escola do Interior, a qual dista aproximadamente 180 km da capital, e da qual participaram 33 alunos. No total, participaram, assim, 115 alunos das duas instituições. A aplicação do questionário durou cerca de 40 minutos, em cada turma, aplicado por mim e com a presença do professor da turma, no caso da Escola do Centro, e da coordenadora pedagógica, na Escola do Interior.

A seleção das escolas visou obter variedade nos contextos ambientais onde vivem os alunos que participaram dos estudos. É bem possível que a região em que nossos estudantes residem, seja no interior ou na capital litorânea, influencie o tipo de vivência e de conhecimentos e ideias que eles têm sobre o fenômeno das marés, uma vez que é razoável supor que um estudante residente no litoral usualmente vá mais à praia que um morador de região interiorana. Além da frequência com que alunos desses diferentes contextos costumem, em média, ir à praia, há ainda o fluxo diferenciado de informações a que, espera-se, esses alunos tenham acesso, sobre o fenômeno e sobre sua interferência em aspectos socioambientais da cidade em que residem. Pela natureza das escolas que selecionamos, esperávamos, assim, poder levantar uma maior variedade de ideias sobre as marés, sobre suas causas e relações com outros fatores socioambientais e ainda, analisar o quanto a vivência de um contexto socioambiental diferenciado pode ter relação com a compreensão desses aspectos.

4.2.1 Apresentação dos objetivos do questionário

Nessa seção, para uma melhor visualização e entendimento do nosso questionário, o apresentaremos em seis blocos distintos, nos quais buscaremos evidenciar os objetivos específicos de cada bloco, para o entendimento que buscamos sobre as diferentes visões dos alunos sobre as marés.

Antecipamos que mais adiante, na análise e discussão dos dados que obtivemos, somente as respostas dos alunos a algumas das questões serão abordadas de maneira sistemática; no entanto, as demais questões e respectivos dados também foram levadas em consideração para nos dar uma visão complementar, e por vezes ajudarem a esclarecer aspectos das respostas às questões que focalizaremos, conforme será evidenciado adiante. Desse modo, aqui, na apresentação do questionário, todas as perguntas do corpo dele serão explicitadas nos respectivos blocos, considerando os objetivos aos quais elas visam atender.

Para introduzir o aluno sobre e no questionário, antes de entrarmos no corpo de questões propriamente ditas, fazemos, no cabeçalho, um breve esclarecimento sobre a finalidade de nossa pesquisa, ainda que essas informações tenham sido repassadas oralmente no momento da aplicação do instrumento. Além disso, solicitamos alguns dados para caracterização do participante, tais como: nome, e-mail e telefone para contato (itens opcionais), bairro onde reside, idade e sexo. Passada essa etapa de caracterização do(a) participante, seguimos para o corpo do questionário, que se organiza em 6 blocos de acordo com os objetivos envolvidos, conforme passamos a descrever.

Bloco I. Questões que trazem à tona a vivência e a relação cotidiana dos alunos com a praia

1. Quando foi a última vez em que você foi à praia?
2. Que praia foi?
3. Comente um pouco sobre o que o motivou a ir e que tipo de atividades realizou por lá.
4. Com que frequência você costuma ir à praia?
() Toda semana () Uma vez ao mês () Pelo menos uma vez a cada 3 meses
() Uma vez ao ano () Raramente () Outro: _____
5. O que você costuma fazer quando vai lá?

Esse primeiro bloco de questões tem como um dos objetivos descontrair um pouco o estudante ao iniciar o questionário, uma vez que usualmente questionários podem trazer um estigma não muito bom, por suscitarem lembranças ou comparações com listas de exercícios, ou mesmo testes. Além desse objetivo, pretendemos, particularmente, que as questões ajudem no resgate e ativação de memórias relacionadas a experiências que os alunos tiveram na praia, de modo a facilitar a aproximação e respostas às outras questões. Assim, nos interessa, também, saber qual a frequência e o que eles costumam fazer quando visitam a praia, pois essas informações podem ser interessantes para serem consideradas ao analisarmos as respostas deles sobre as percepções que têm sobre as marés, assim como podem sugerir pontes para eventuais atividades de ensino significativas no ambiente das praias.

Bloco II. Questões sobre a percepção de astros e fenômenos numa ida à praia

6. Há algum fenômeno no céu, ou algum aspecto ligado aos astros, que você costuma prestar atenção quando vai à praia? Se sim, qual ou quais?

7. Há algum fenômeno ou fenômenos relacionados especificamente com a água, que você costuma observar na praia? Se sim, qual ou quais?

Os objetivos desse bloco são três. Um objetivo comum às duas questões é induzir os alunos a uma perspectiva mais analítica sobre o que observam na praia, quando a vivenciam. Além disso, na primeira pergunta do bloco (questão 6 do questionário), buscamos chamar a atenção dos alunos sobre os astros, de modo a tentar favorecer alguma lembrança de observação do céu e abrir a possibilidade de lembrarem também relações que eventualmente tenham estabelecido entre os astros e as marés, podendo essa relação ser retomada mais espontaneamente adiante por eles, no questionário. Finalmente, com a segunda questão, pretendemos ainda construir uma transição entre o bloco de questões mais gerais sobre a praia, sobre a vivência que os alunos tinham dela, e o momento de focalizar o tema das marés de uma forma mais analítica, que ocorre em seguida, no questionário.

Bloco III. Questões sobre o que são marés e a explicação para o fenômeno

8. Você já ouviu falar em marés? Se sim, o que você acha que são?

9. Você já vivenciou alguma situação mais significativa envolvendo marés? Se sim, poderia compartilhar brevemente como foi, e em que local?

10. Que coisas ou objetos do nosso entorno natural você acha que seriam responsáveis por causar as marés?

11. Faça um desenho ilustrando sua ideia sobre por que as marés acontecem. Utilize também legendas para ajudar a expor seu pensamento.

12. Se essas coisas ou objetos do nosso entorno natural não existissem, como seriam as marés?

Nosso objetivo nesse terceiro bloco é levantarmos que ideias os estudantes apresentam sobre o que são as marés e sobre como acham que elas acontecem. No caso particular da questão 8, ainda há um interesse em identificar a vivência do aluno com o fenômeno específico das marés, de modo a levantar situações que possam vir a fazer parte de discussões em classe, ou da composição de materiais voltados para o ensino do tema. O intuito na questão 11, onde um desenho é solicitado, e na questão 12, onde a eliminação dos agentes atribuídos como causa das marés é proposta, também tentar instigar a ilustração de uma proposta de mecanismo para o modo como as marés acontecem, visando extrair elementos de algum eventual modelo que os alunos pudessem apresentar para tal fenômeno.

Bloco IV. Questões que investigavam o conhecimento sobre os períodos envolvidos no fenômeno das marés, variações cíclicas no fenômeno e as explicações para estas

13. Você saberia dizer, mais ou menos, quanto tempo leva para a maré encher?
14. Quantas marés altas ocorrem em um dia?
15. Você acha que as marés altas têm a mesma intensidade, durante o mês?
16. Qual seria a razão para isso?
17. Você acha que as marés altas têm a mesma intensidade, durante o ano?
18. Qual seria a razão para isso?

As questões deste bloco estão relacionadas à noção de tempo/período e variações de intensidade que os alunos eventualmente percebem ao observarem as marés, bem como a explicações que possam atribuir para tais variações. Nosso objetivo é inferir se os alunos percebem ou têm conhecimento das variações de tal fenômeno numa escala de tempo diária, mensal e anual, e ainda, podermos analisar como as explicações apresentadas anteriormente para as marés são mobilizadas para responder a essas questões, ou seja, analisar se elementos apontados como parte do mecanismo para a ocorrência das marés seriam trazidos para explicar as variações no fenômeno ao longo do mês e/ou do ano, entre aqueles que afirmassem conhecer essa variação.

Bloco V. Questões sobre a importância socioambiental das marés

19. Em que aspectos do seu dia-a-dia você acha que as marés são importantes?
20. Você acha ou já ouviu falar se esse fenômeno afeta outras pessoas, outros seres vivos, ou aspectos relevantes do ambiente? Comente sobre isso.

Este quinto bloco de questões visa levantar qual a percepção e consciência que os alunos apresentam sobre a importância e influência das marés sobre seu dia a dia, os seres vivos, o ambiente local, práticas culturais e/ou socioeconômicas ligadas a esse fenômeno.

Identificar se nossos alunos imaginam, refletem ou têm conhecimento sobre os efeitos que as marés exercem no nosso litoral, por exemplo, na formação de manguezais, se identificam a influência das marés para definir o momento para os pescadores saírem com suas embarcações, ou apontam a importância delas para produção salineira, entre tantos outros aspectos influenciados pelas marés.

Bloco VI. Questões que levantam as curiosidades e interesses dos alunos acerca do fenômeno das marés

21. Que coisas lhe geram curiosidade, e/ou você gostaria de ver discutidas numa aula ou num programa de TV, por exemplo, sobre o tema?

Buscamos, com essa pergunta, compreender o que os estudantes mais se interessam em conhecer e aprender sobre as marés. Propositamente, o questionário termina com essa questão na expectativa de que, durante a interação com o mesmo, o participante possa ter lembrado ou formulado algumas dúvidas, e expressá-las nesse momento. Esse retorno poderá nos ajudar a, conhecendo esses questionamentos, refletir sobre aspectos a aprofundar bem como sobre como abordar essas questões, nas aulas envolvendo marés.

4.2.2. Características gerais dos participantes

Como indicado anteriormente, participaram, de nosso estudo, 82 alunos de três turmas de primeiro ano do Ensino Médio da Escola do Centro, e 33 alunos das duas turmas da Escola do Interior, totalizando, assim, 115 alunos das duas instituições.

Considerando as duas escolas juntas, tivemos uma maior quantidade de participantes do sexo feminino, 75 pessoas, que representa 65,2%, do total, e 39 participantes do sexo masculino (34,8%). Um dos participantes indicou a opção outro.

A idade dos estudantes da nossa pesquisa varia dos 15 anos (34,2% do total) aos 19 anos (0,9%), havendo uma maior concentração de alunos com a idade de 16 anos (54 estudantes, 47,3% do total).

No caso específico da Escola do Centro, há uma maior concentração de alunos na idade de 15 anos. Enquanto na Escola do Interior, de alunos com 16 anos.

4.2.3 Análises e discussões dos dados

Nessa seção, faremos a discussão dos principais resultados da análise que fizemos dos dados. A análise que desenvolvemos usou como base a metodologia de análise de conteúdo (BARDIN, 2011), onde nossa unidade de análise foi geralmente a resposta do aluno à questão para a qual fizemos determinada discussão. Em algumas ocasiões, como será ilustrado adiante, a resposta do(a) aluno(a) a outra questão foi usada como complemento para ajudar a interpretar o significado da resposta à questão focalizada. Para cada questão, à exceção daquela que tratava da frequência com que o aluno ia à praia, que era de múltipla escolha, as categorias em que os dados foram classificados foram elaboradas a posteriori, a partir das respostas apresentadas pelos alunos, sendo que, em alguns casos, quando cabível, procuramos dialogar com as classificações usadas no trabalho de Corrochano e colaboradores (2017).

Desenvolveremos a discussão dos resultados por blocos, observando a ordem das questões no questionário, sendo que nem todas as questões serão abordadas

sistematicamente, a fim de assegurarmos um foco mais linear na discussão dos dados. Cumpre ressaltar, ainda, que nas discussões, ao destacarmos alguma resposta específica de um(a) estudante, o nome associado a este(a) será fictício, mantendo-se, no entanto, a caracterização de gênero usualmente associada ao nome original.

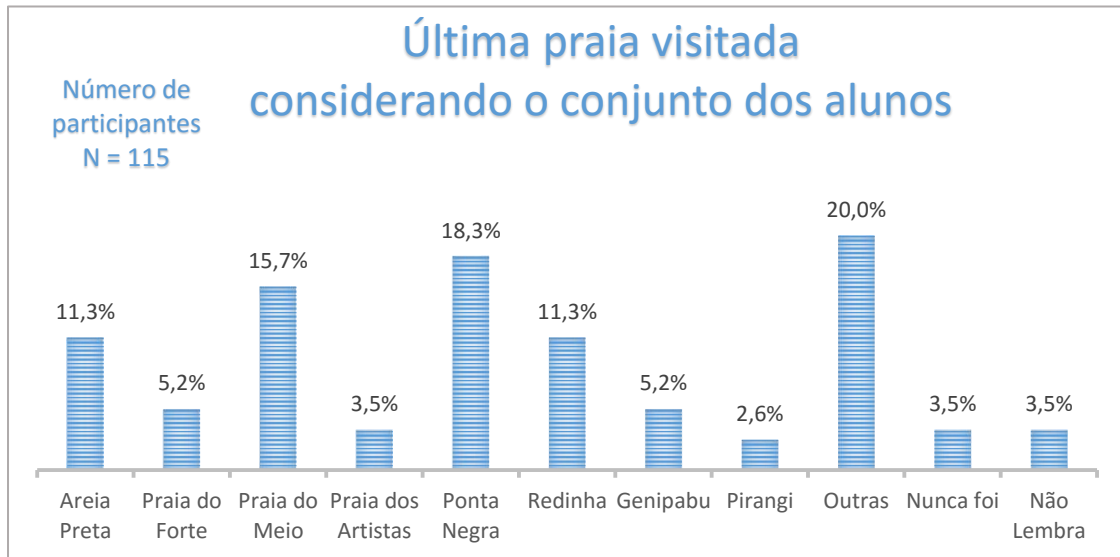
4.2.3.1 *A vivência e a relação cotidiana dos alunos com a praia*

Para o primeiro bloco de questões, buscamos, como mencionado antes, desencadear a lembrança dos alunos sobre sua última ida à praia, identificar a frequência com que eles vão ao ambiente da praia e as atividades que gostam de realizar quando estão ali.

Na recordação da última vez em que os alunos tinham ido à praia, muitas praias foram citadas, como as praias urbanas natalenses, com destaque para Ponta Negra (citada por 18,3% do total de alunos), Praia do Meio (15,7%), Areia Preta (11,3%), e Redinha (11,3%), e, em menor proporção, a Praia do Forte (5,2%) e a Praia dos Artistas (5,2%); foram também citadas praias ao litoral norte, tais como Genipabu (citada por 5,2% dos alunos); e outras do litoral sul, como Pirangi (2,6%).

O Gráfico 1 nos mostra as praias que foram visitadas e o percentual de alunos que as mencionaram. As Figuras 9.A e 9.B podem ajudar na localização espacial das escolas e praias. Percebemos, assim, que Ponta Negra, a mais turística entre todas as praias da zona urbana de Natal, esteve entre as mais visitadas, considerando a última vez em que os alunos estiveram na praia (18,3% dos alunos a indicaram). Entretanto devemos frisar que as praias mais próximas do centro de Natal, logo, da Escola do Centro, como Praia do Meio, Areia Preta, Praia do Forte e Praia dos Artistas, as quais são contíguas, totalizam 35,7% das indicações dos alunos (41 estudantes).

Gráfico 1: Últimas praias visitadas pelos estudantes e distribuição dos alunos em relação às mesmas.

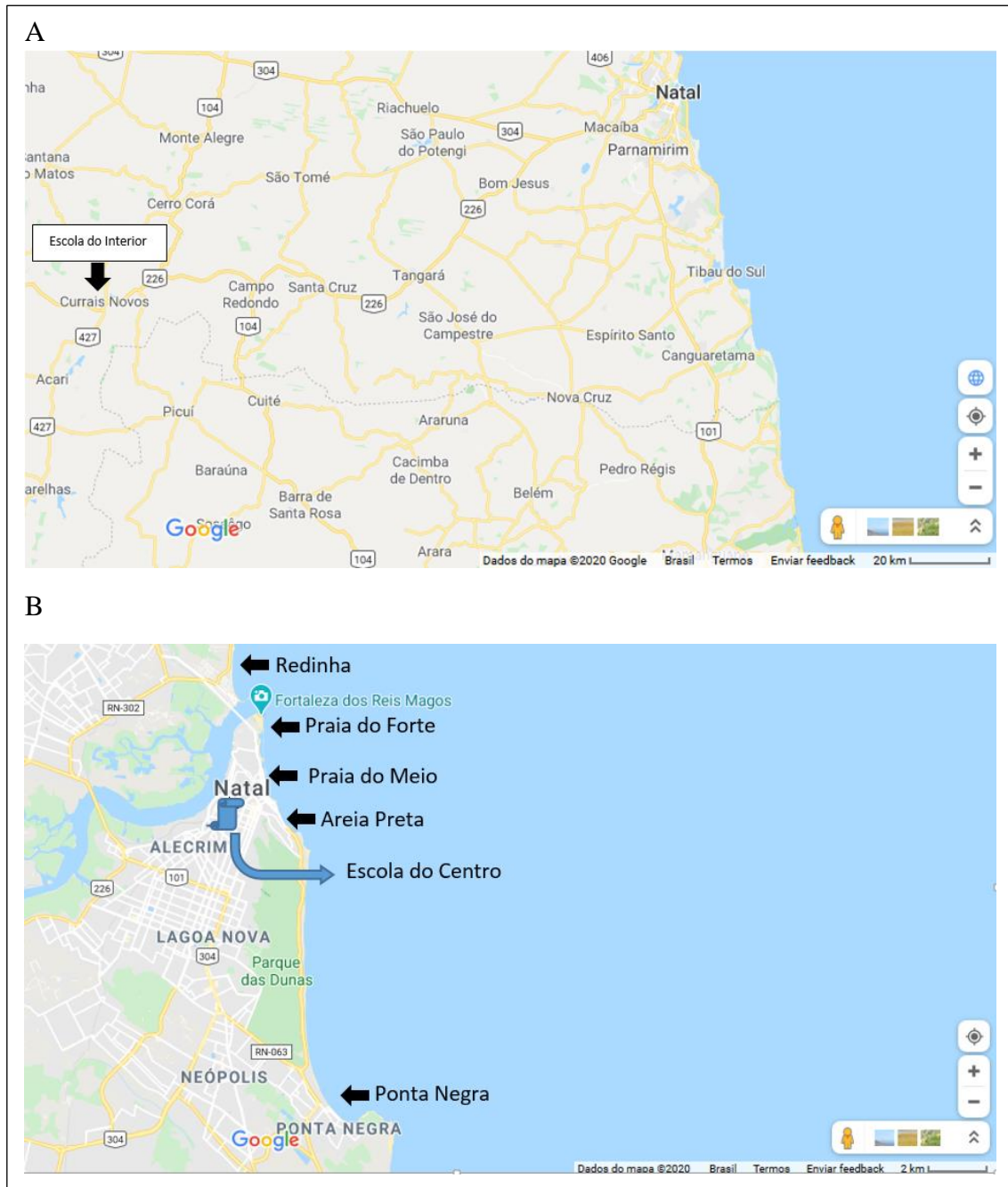


Fonte: Elaborado pelos autores (2020)

Podemos dizer, então, que as “praias do centro”, consideradas em conjunto, foram as mais visitadas. Dentre as “Outras” praias, citadas em menor proporção como a mais recente onde os estudantes estiveram, estão: Macau, Pipa, Maracajaú, Muriú, Santa Rita, São Miguel do Gostoso, Barreta, etc.

Para sabermos a frequência média com que nossos alunos vão à praia, propusemos no questionário, algumas alternativas para eles indicarem a que mais se aproximava da realidade deles. Foram elas: *toda semana, uma vez ao mês, pelo menos uma vez a cada 3 meses, uma vez ao ano, raramente, outro*. Entende-se, considerando as opções, que *raramente* indicaria uma frequência inferior, ainda, à alternativa *uma vez ao ano*. Caso o aluno se enquadrasse noutra alternativa, ele marcaria *outro* e deveria expressar por escrito o que contemplava melhor a situação dele(a). Esse foi o caso de Geovana (15 anos), da Escola do Centro, que escreveu: “*De 15 em 15 dias*”. Houveram ainda quatro alunos da Escola do Interior (3,5% do total de alunos), que indicaram, ao marcarem a opção *Outro*, nunca terem ido à praia.

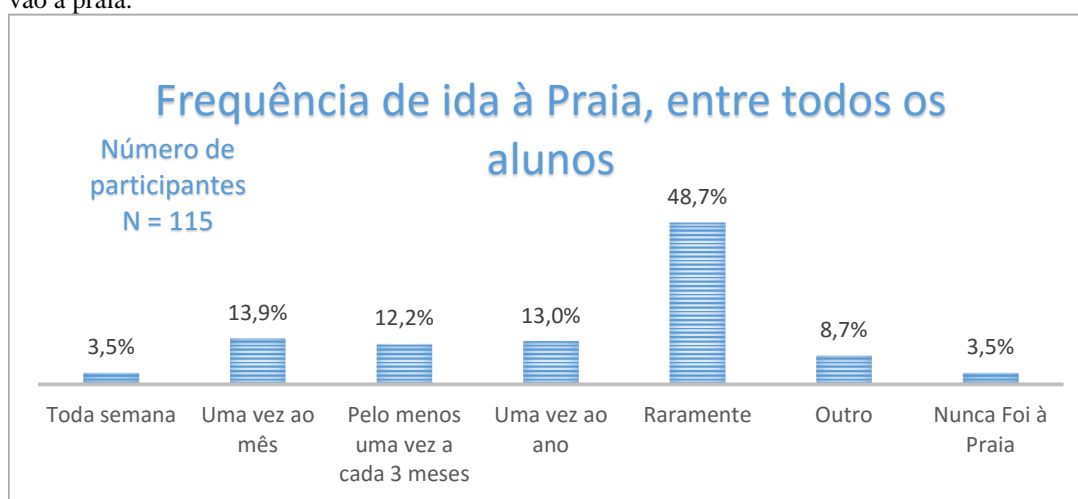
Figura 9: Mapas para auxiliar a visualização dos locais de algumas praias em relação à Escola do Interior, em Currais Novos (9.A), e de algumas praias urbanas de Natal em relação à Escola da Centro (9.B).



Fonte: Google Maps. Disponível em: < <https://www.google.com.br/maps> >. Acesso em: 30 dez. 2020. Editada pelos autores (2020).

Nos Gráficos 2, 3 e 4 vemos a distribuição dos alunos em termos das frequências com que costumam ir à praia. O Gráfico 2 mostra essa distribuição considerando o total de alunos participantes da pesquisa, e os gráficos 3 e 4 mostram separadamente os resultados para alunos da Escola do Centro e da Escola do Interior, respectivamente. Aqui talvez seja importante destacar que, na sequência desse texto, sempre que mencionarmos os “alunos da Escola do Centro” ou os “alunos da Escola do Interior”, deve-se entender que nos referimos aos alunos daquelas escolas que participaram da nossa pesquisa.

Gráfico 2: Distribuição do total de alunos participantes da pesquisa, conforme a frequência com que vão à praia.

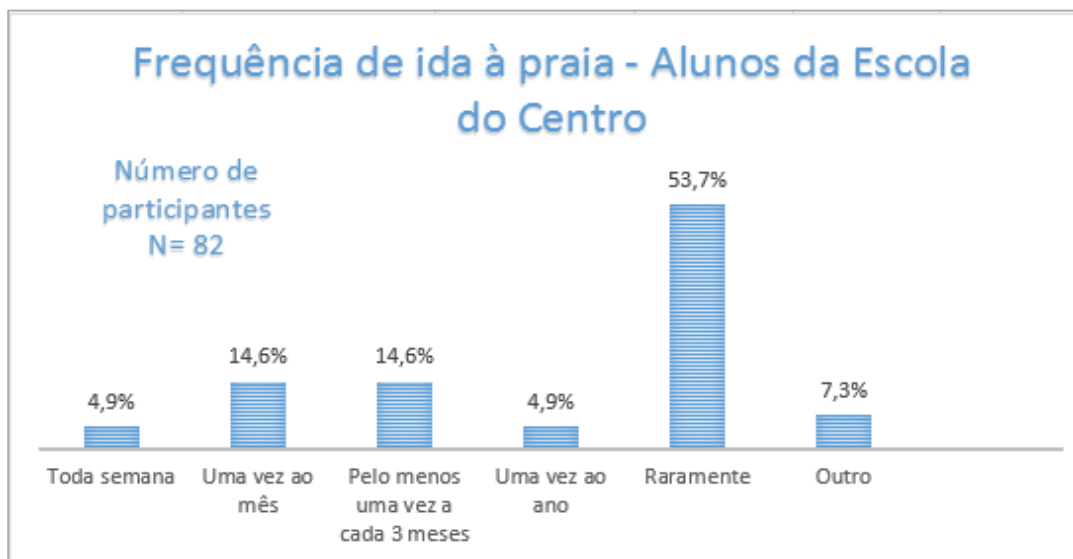


Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

O Gráfico 2 nos mostra que mais da metade do conjunto de nossos alunos vai muito pouco (*Uma vez ao ano* ou *Raramente*) à praia, sendo esse perfil reflexo do que ocorre em cada escola.

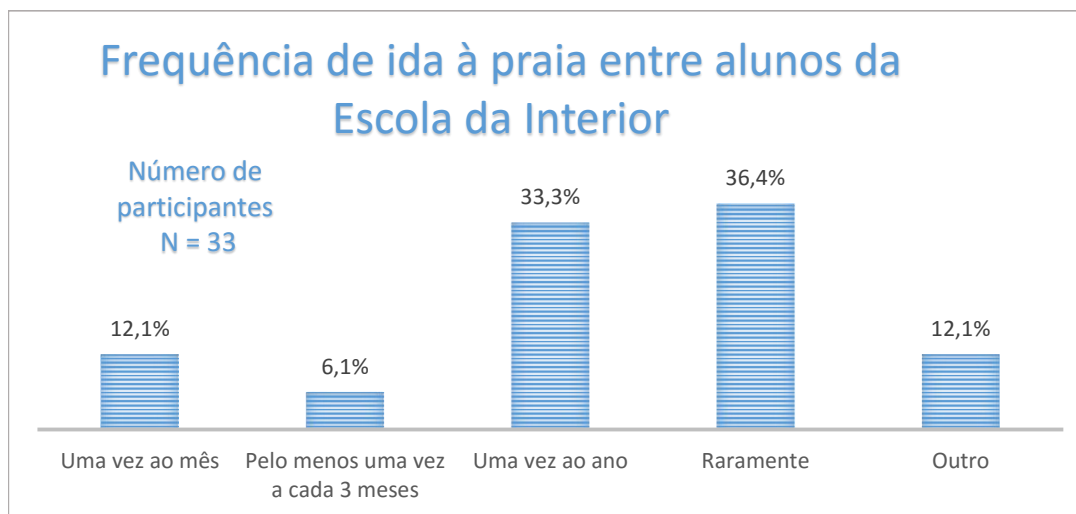
Como vemos no Gráfico 3, apesar da maioria dos estudantes da Escola do Centro morarem em Natal, cidade com várias praias no perímetro urbano, percebemos um valor elevado na alternativa *Raramente*, ou seja, mais da metade dos participantes dessa Escola (44 alunos, de 82) expressaram que não vão muito à praia. As opções que indicavam maior frequência de ida àquele ambiente - toda semana, uma vez ao mês, ou uma vez a cada 3 meses – totalizaram apenas 34,1% das respostas (28 alunos de 82), naquela escola.

Gráfico 3: Distribuição dos alunos da Escola do Centro conforme a frequência com que vão à praia.



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Gráfico 4: Distribuição dos alunos da Escola do Interior conforme a frequência com que vão à praia.



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Acompanhando a baixa frequência de ida à praia que se verificou na Escola de Natal, e constituindo, porém, um resultado mais esperado, a maioria dos alunos da Escola do Interior, localizada em Currais Novos, vão à praia *Raramente* (36,4% dos alunos, ou seja, 12 de 33) ou *Uma vez ao ano*, e mesmo, quatro alunos indicaram, na opção *Outro*, que nunca foram à praia. Embora o percentual que indicou *Raramente* ir à praia tenha sido maior na Escola de Natal, quando olhamos para esse dado junto com o percentual apontado para *Uma vez ao ano*, encontramos de forma mais coerente que 58,6% dos alunos da Escola do Centro vão muito

pouco à praia, e na Escola do Interior, esse total alcança 69,7% dos alunos. Da mesma forma, na Escola do Centro, 34,1% dos alunos apresentam maior frequência de ida à praia, enquanto na Escola do Interior esse total é de 18,2% dos alunos (6 de 33).

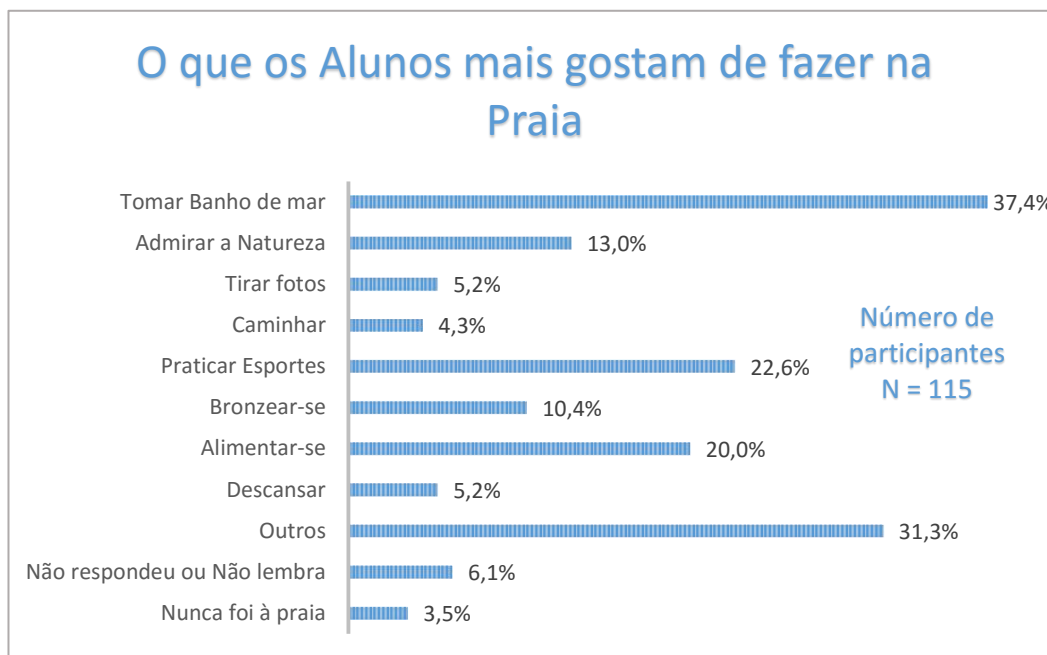
Os alunos que vão muito pouco à praia – percentual significativo mesmo na Escola do Centro -, podem, naturalmente, apresentar um pouco de dificuldade ao relatarem sua experiência junto ao mar, bem como sua eventual percepção do fenômeno das marés. Em particular, no caso dos alunos da Escola do Interior, é possível que socialmente lidem também com menos informações ligadas ao fenômeno, quando comparados com alunos da Escola do Centro que também frequentem pouco o ambiente da praia.

Tais limitações em relação à pouca vivência do fenômeno, devem ser levadas em consideração na hora do processo de ensino-aprendizagem, sendo que é interessante evocar em classe situações vivenciadas por aqueles alunos com maior vivência do mar, os quais poderão contribuir para um engajamento da turma em relação ao tema, a partir de sua própria experiência e motivação.

Em nossa pesquisa, buscamos levantar também as atividades que os alunos costumam desenvolver quando vão à praia, de modo que estas possam ser levadas em consideração na elaboração de contextualizações, problematizações e discussões no ensino sobre o tema de marés. Elas nos dizem algo sobre o tipo de relação que os alunos estabelecem com a praia, e se essa relação apresenta potencial para uma percepção sobre as marés, no caso desse fenômeno interferir sobre o que eles fazem quando vão lá.

Os participantes de nosso estudo apontaram, como esperado, uma diversidade de atividades, tais como: *tomar banho de mar, nadar, jogar futebol, jogar vôlei, se bronzear, ler um livro, descansar, tirar fotos, admirar a Natureza*, entre outras que explicitaram. Organizamos tais informações, considerando o conjunto de todos os alunos, nas categorias apresentadas no Gráfico 5.

Gráfico 5: O que os alunos mais gostam de fazer quando vão à praia.



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

As categorias de atividades explicitadas no gráfico foram as mais citadas, devendo-se ressaltar que os alunos poderiam listar as atividades que achassem pertinentes, sem limite de indicação, o que explica que o somatório dos percentuais de atividades citadas seja superior a 100%. Além daquelas já citadas anteriormente, algumas atividades listadas com menor frequência e agrupadas na categoria Outros foram: *ouvir música, ler um livro, ficar sentado na areia, se divertir com os amigos e familiares*, etc. Um percentual de 9,6% dos alunos (11, de 115) não responderam, expressaram não se lembrar, ou nunca terem ido à praia.

Percebemos que *Tomar banho de mar, Praticar Esportes e Alimentar-se* estão entre as atividades mais citadas entre os alunos de nosso estudo. Na categoria associada a alimentar-se, alguns alunos citaram a tradicional gíngua com tapioca, prato tradicional de Natal que é considerado patrimônio cultural imaterial do estado, e é facilmente encontrado a preços acessíveis em nossas praias. Na categoria *Praticar Esportes* (citada por 26, dos 115 alunos), foram indicadas a prática do futebol, do vôlei, surf e natação. Em muitas praias de Natal, o futebol e mesmo o vôlei costumam ser afetados pelo avanço e recuo da água do mar, na costa. Veremos adiante se essa prática irá contribuir para uma percepção mais aguçada do fenômeno das marés, por esses alunos. Por outro lado, o surf e a natação, citados juntos por oito alunos, enquanto esportes aquáticos demandam usualmente uma atenção para as tábuas de marés, o que também poderia gerar uma relação mais conectada com o ritmo das marés.

O banho de mar, indicação mais citada entre os alunos, é outra prática que pode necessitar atenção às marés, e veremos também se os alunos percebem essa necessidade, ao discutirmos as respostas às questões que indagavam sobre a vivência de situações significativas em torno das marés, no Bloco III, ou sobre a influência das marés no dia a dia deles, no Bloco V. Antes disso, vejamos os fenômenos que, eventualmente, chamam a atenção dos alunos do nosso estudo, na ida deles à praia.

4.2.3.2 *Percepção de fenômenos e astros numa ida à praia*

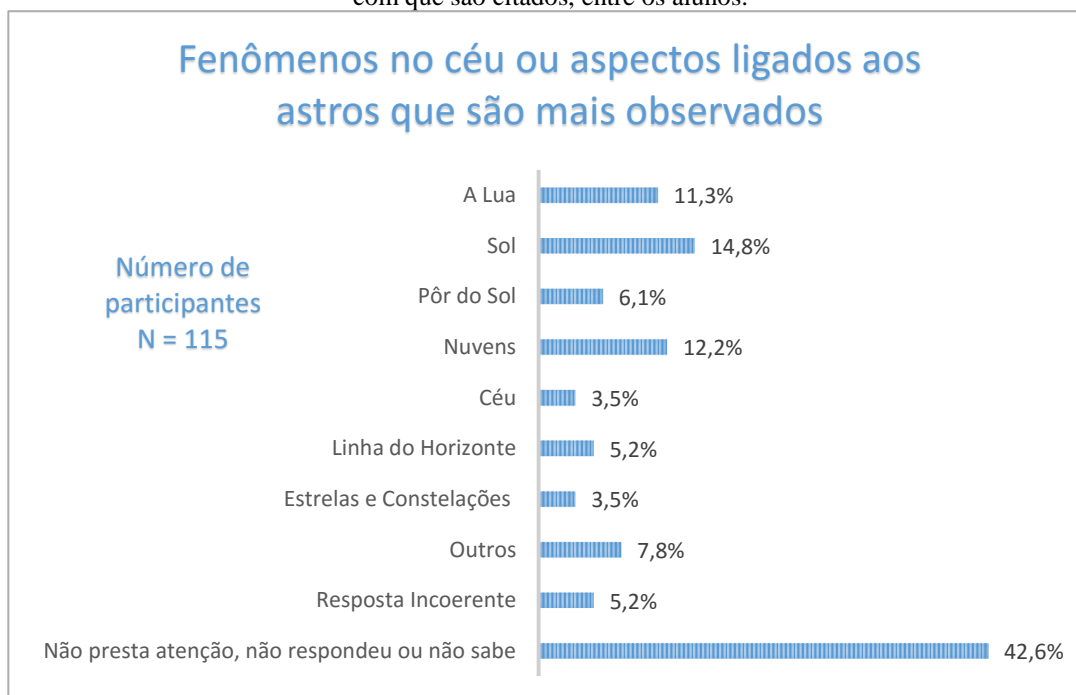
Quando vamos à praia, tendemos a realizar diversas atividades, como as citadas na seção anterior. Para alguns de nós, atentarmos para elementos e fenômenos da natureza no nosso entorno pode ser bastante significativo, como quando percebemos o quebrar das ondas, as pedras descobertas pela água quando a maré está baixando, as diferentes colorações do mar, ou mesmo a linha do horizonte, que alguns observam com fascínio.

O céu que observamos nas praias também pode nos encantar e chamar a atenção. Uma noite de lua cheia pode ser uma ótima ideia para um luau, uma lua nova pode ajudar na observação de constelações numa praia que tenha uma luminosidade urbana menor, e o céu num pôr do sol, com o tom avermelhado que este costuma produzir nas nuvens, pode ser o foco de nossa apreciação assim como vir a constituir uma fonte de questionamentos.

A pergunta que abre o segundo bloco procura levantar se os alunos costumam observar o céu quando vão à praia, e o que mais chama a atenção deles sobre os astros, a fim de verificar e estimular um olhar mais analítico para as experiências que têm quando estão naquele ambiente; visamos também suscitar lembranças de observações ou particularmente de informações acerca de relações entre fenômenos astronômicos e as marés, que pudessem vir a fluir ao longo do questionário.

Constatamos que o *Sol* (para 14,8% dos alunos, ou seja, 17 de 115), as *nuvens* (14 alunos), a *Lua* (13), e o *Pôr do Sol* (7) estão entre os fenômenos do céu, ou os aspectos ligados aos astros, mais observados pelos alunos de nosso estudo. O Gráfico 6, adiante, nos mostra mais indicativos sobre as respostas. Vemos que, nessa questão, 42,6% do total de alunos (49 de 115) não responderam, expressaram não saber ou que não costumam prestar atenção no céu. Entre os alunos da Escola do Interior, o percentual é mais alto, 51,5% (17 de 33). Dentro da categoria *Outros*, reunimos aquelas respostas que apareceram em proporção muito pequena, tais como as que indicaram *pássaros* e *ventos*. Houveram ainda, algumas respostas que não estavam tão relacionadas ao céu, como *ondas* e *marés*, que classificamos na categoria Respostas Incoerentes, entendendo-se, aqui, uma incoerência em relação ao focalizado no enunciado.

Gráfico 6: Fenômenos no céu e aspectos dos astros mais observados numa ida à praia, e frequência com que são citados, entre os alunos.



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

É de se imaginar que o Sol tenha sido mais citado em virtude dos horários habituais em que se frequenta a praia, particularmente em se tratando de pessoas muito jovens, como é o caso dos alunos do estudo. A Lua também foi citada numa frequência próxima à do Sol, embora esperávamos que fosse mais comum sua indicação. Isso porque sabemos que em Natal, como em outras cidades com praias, é comum a organização de luaus à beira mar; porém, como os alunos de nosso estudo são bem jovens, é possível que poucos participem desses eventos.

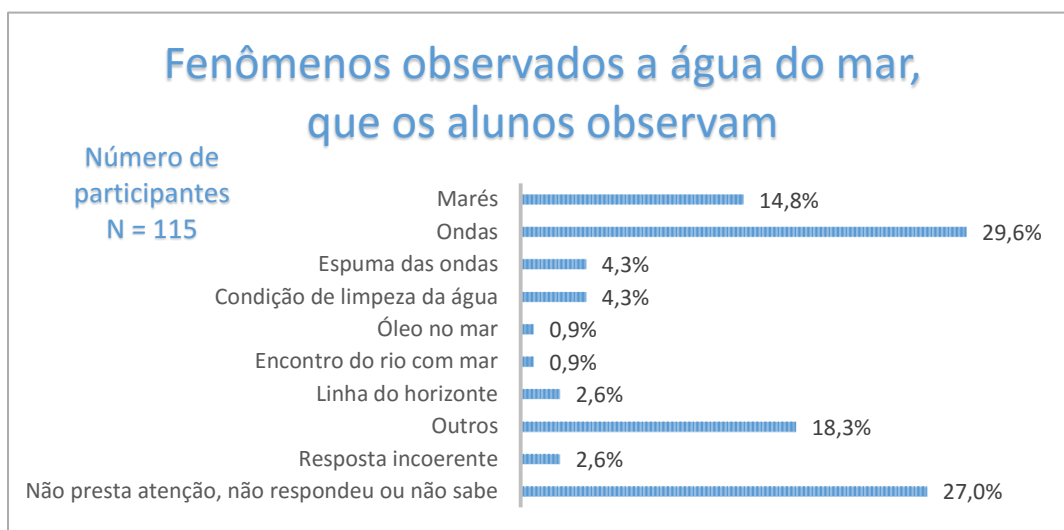
Inclusive, quando observamos o relato de Felipe (15 anos), da Escola do Centro, em sua resposta a essa questão, a Lua é indicada em associação com o horário do dia: “*Sim, atenção na Lua, que dificilmente ‘da pra’ ver ela no dia, só quando vai a praia e não tem muitas nuvens*”. Sobre esse texto de Felipe, vale ressaltar que ele suscita a dúvida se o aluno acredita que normalmente a Lua estará visível de dia, no céu, e somente não a veríamos pela presença de nuvens. Em outros pontos do questionário, que tentaremos ilustrar adiante, algumas respostas sugerem a necessidade do ensino de temas mais fundamentais da Astronomia, os quais provavelmente não estão sendo abordados, ou sua aprendizagem consolidada, em momentos anteriores do currículo escolar.

A outra questão deste bloco explorava o que os alunos costumam observar no entorno natural da praia, relacionado, agora, às águas do mar. No Gráfico 7, logo adiante, sistematizamos as respostas dos alunos.

Como esperado, entre as categorias que identificamos, houve um destaque para as *Ondas*, citadas por quase 30% (34 de 115) dos participantes. É um percentual baixo, porém deve-se perceber que, do mesmo modo que na questão anterior, embora tenha ocorrido em menor proporção, uma fração expressiva dos alunos também não respondeu, expressou que não sabia ou que não prestava muita atenção nos fenômenos que acontecem no mar: 26,9% (31) de todos os alunos. As *Marés* apareceram como o segundo fenômeno mais citado, sendo indicado por 14,8% (17 de 115) dos estudantes.

Algumas das repostas que incorporamos à categoria *Outros*, nessa questão, apesar de menos citadas, ilustram a atenção dos alunos para fenômenos interessantes, que vale destacar: *o reflexo da Lua na água, a temperatura da água, os tons de cores diferentes no mar, excesso de algas e tsunamis*. Este último muito provavelmente não deve ter sido observado, mas trata-se de algo que o aluno deve ter visto mencionado em algum meio de comunicação ou aprendido a respeito dele em alguma aula na escola. Houve ainda respostas que não se enquadravam como fenômenos, em si, mas que os alunos indicaram como resposta à questão proposta, tais como: *crianças, e navios, as nuvens, Sol*, entre outros. Respostas dessa natureza, classificamos como Resposta incoerente, no sentido de que eram incoerentes com o que o enunciado buscava, ainda que para o aluno tenha feito sentido.

Gráfico 7: Fenômenos relacionados com a água do mar, que os alunos costumam observar numa ida à praia, e a frequência com que foram citados entre os participantes.



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Algo que também nos chamou a atenção nas respostas a essa questão foi a percepção que alguns alunos (4,3%) indicaram ter acerca da *Condição de limpeza das águas*; manifestaram prestar atenção se há muita poluição. Um aluno em específico fez menção a manchas de óleo na praia. A referência a essas manchas provavelmente se deu devido a um enorme vazamento de óleo que ocorreu no litoral do nordeste brasileiro em setembro de 2019, o que de acordo com as reportagens exibidas na mídia, durante esse período, teria sido advindo de um navio petroleiro, e foi considerado um dos maiores desastres ambientais no Brasil.

Quanto aos percentuais indicados nos Gráficos 6 e 7, ressaltamos que, assim como na análise das outras questões abertas do questionário (a grande maioria, nele), não havia uma quantidade limite de fenômenos e objetos no céu e no mar para o aluno indicar. Um mesmo aluno ou aluna poderia citar vários fenômenos, como ocorreu por exemplo com Juliana (18 anos), da Escola do Interior, que escreveu que costuma observar “*as marés e as ondas*”, sugerindo que percebe uma distinção entre os dois fenômenos, e contabilizando uma indicação para cada um deles, na nossa sistematização.

4.2.3.3 Significados e explicações para as marés

Os Blocos III e IV do questionário podem ser vistos como os mais importantes para orientar o ensino das marés numa perspectiva da astronomia e da física, tendo em vista que, no Bloco III, por exemplo, levantamos o que os alunos envolvidos na pesquisa entendem que são as marés, se já teriam vivenciado alguma situação significativa envolvendo marés, o que seria responsável por causar este fenômeno e, no desenho com legendas, o porquê as marés

acontecem, na visão deles. Na presente subseção, focalizaremos os aspectos envolvendo o entendimento das marés e suas causas.

Antes de saber a causa atribuída pelos alunos às marés, acreditamos que seria importante verificar o que eles compreendem por marés. Isso foi buscado, num primeiro momento, no questionamento sobre se eles já tinham ouvido falar sobre marés, e ainda, sobre o que eles acham que são as marés.

Entre todos os estudantes, 95 alunos (82,6%) responderam que sim, já tinham ouvido falar sobre marés, 18 alunos (15,7%) que não ouviram falar, e 2 alunos (1,7%) não responderam à pergunta. Esperaríamos um percentual um pouco maior de respostas positivas, pelo fato da mídia com frequência retratar problemas em praias de Natal, por exemplo, com a ação de marés altas em calçadões. No entanto, convém lembrar que a Escola do Interior se situa a 180 km das praias urbanas de Natal, as mais visitadas entre os alunos desta instituição. Lá, especificamente, o percentual dos alunos que já ouviram falar em marés foi de apenas 57,6% (19 de 33 alunos); 36,4% (12 alunos) expressaram não ter ouvido e 6,1% (2 alunos) não responderam. Aquela escola concentra, portanto, uma proporção significativa dos alunos que não ouviram falar em marés (12 dos 18 alunos que indicaram essa resposta) e a totalidade dos que não responderam à questão.

Os Gráficos 8, 9 e 10, apresentam uma sistematização que fizemos das respostas ao questionamento sobre o que os alunos acham que são as marés, e frequência com que essas respostas aparecem entre os estudantes considerando, respectivamente, o total de alunos do estudo, apenas os alunos da Escola do Centro, e apenas os da Escola Interior.

Façamos inicialmente uma discussão do Gráfico 8, onde temos a maior diversidade de categorias ou tipos de respostas. Dentre as principais categorias que identificamos a partir das respostas dos alunos à questão 8, ou seja, sobre o que eles acham que são as marés, percebemos que a associação do fenômeno à *Elevação e/ou Abaixamento* das águas é a que se mostra mais presente, com 24,3% dos alunos (28 de 115) indicando essa visão. Em seguida, aparecem como mais citadas: a ideia de marés como *Ondas* (8,7% ou seja, 10 alunos), marés como *Agitação ou força das águas* (7%), *Marés como o mar* (7%), marés associadas às noções de *Aproximação e/ou Afastamento* das águas em relação à costa (4,3%), como *Fases do mar* (4,3%), *Marés como lugar* (4,3%), e ainda, as ideias de marés associadas a *Correntes Marítimas* (3,5%), ao *Volume das águas* (3,5%), e ao *Movimento das águas* (2,6%).

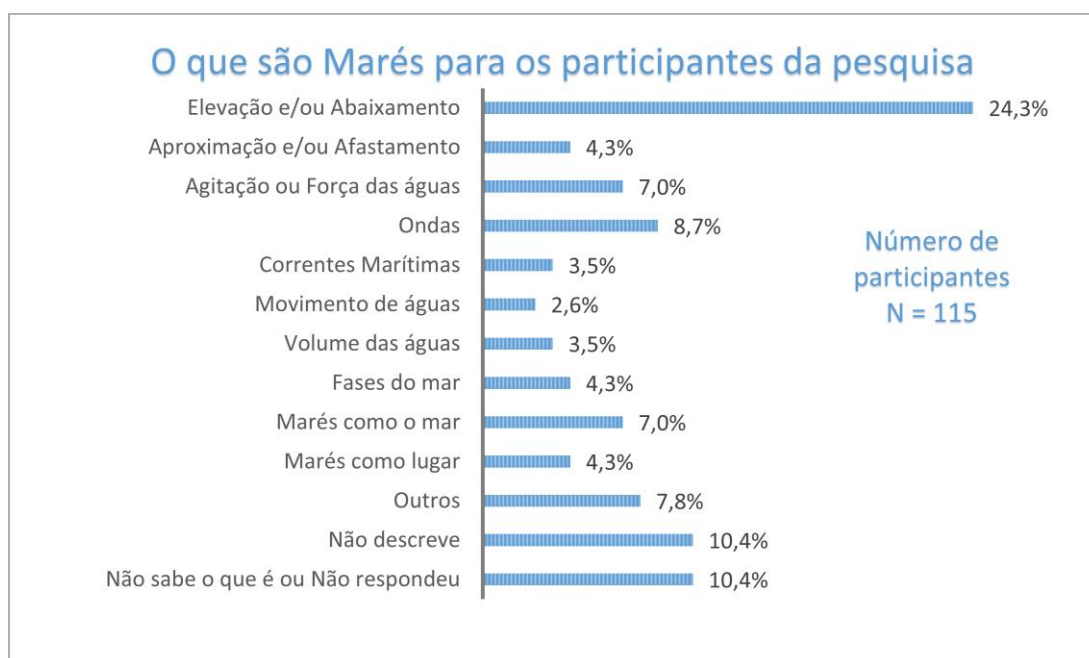
Na categoria *Outros*, reunimos respostas que aparecem numa proporção menor, algumas das quais com sentido que deve ainda ser esclarecido, o que poderia ser feito

por meio de entrevistas. Tais respostas podem ser ilustradas em exemplos como: “*ventos no mar*”, “*peixes que nadam num só comando*”, “*tempo inexplicável*”, “*águas tipo esgotos*” e “*a profundidade dos oceanos*”. Na categoria *Não descreve* se enquadram as respostas de pessoas que alegaram ter ouvido falar, ou não, porém, não apresentam ideias de como são as marés.

Falemos um pouco mais das categorias que estão explicitadas no Gráfico 8. As respostas que associamos à categoria *Elevação e/ou Abaixamento* das águas incluíam, como indicador, falas do estudante que remetiam a uma *mudança* na quantidade de água presente no mar, muitas vezes trazendo explicitamente a menção ao encher e secar do mar, ou a uma dessas variações.

Buscamos, assim, trechos que apresentavam ideias semelhantes à resposta escrita por

Gráfico 8: Respostas dos participantes da pesquisa sobre o que são marés e frequência com que essas respostas aparecem entre eles.



Fonte: Elaborada pelos autores (2020).

Vanessa (15 anos), da Escola do Centro: “*Eu acho que maré é o que determina quando o mar vai encher e/ou secar*”. Outros exemplos que ilustram as respostas inseridas nessa categoria são a fala de Lucas (16 anos), também da Escola do Centro: “*Quando uma parte da praia fica cheia*”, e a de Gabriel (16 anos), da Escola do Interior: “[...]quando o volume da água sobe (*Maré alta*) e quando desce (*Maré baixa*) [...]”.

Respostas similares à de João (16 anos), da Escola do Centro, indicando que marés é “*quando a água avança na costa*”, ou seja, associando as marés a avanço e/ou ao recuo do mar em relação à costa, categorizamos como *Aproximação e/ou Afastamento* (da costa), pois entendemos que esse avanço e recuo não necessariamente é compreendido ou conscientemente

assimilado pelos alunos como um resultado de alteração no nível da água do mar (Elevação e/ou Abaixamento das águas).

Por razão semelhante, as respostas em que o aluno se remetia à quantidade ou volume de água ou ainda, ao nível do mar, mas sem deixar claro se a maré era associada à *modificação* desse nível ou volume, foram categorizadas separadamente como associando marés ao *Volume das águas* do mar. Esse tipo de resposta é ilustrado pela escrita de Bruna (16 anos), da Escola do Centro, que expressou tal ideia, de forma bem explícita sobre as marés: “O *volume das águas*”. Alguns alunos fizeram referência ao nível do mar como Tiago (17 anos), da Escola do Interior: “*Elas se formam de acordo com o nível do mar [...]*”.

A categoria *Agitação ou força das águas* foi proposta porque percebemos que para os alunos, nem sempre os termos “alta” e “baixa”, usados para qualificar as (fases das) marés, estão relacionados ao nível da água. Para alguns, a expressão “maré alta” é entendida como uma maior agitação das águas do mar naquele local, como André (16 anos), da Escola do Interior, deixa transparecer em sua resposta à questão 8: “*A praia tem a maré alta e a maré baixa, alta é quando o mar está muito agitado e a baixa é de manhã ou no anoitecer*”. Outra resposta que ilustra essa compreensão de marés associadas ao grau de agitação do mar é a de Cecília (17 anos) da Escola do Interior: “*são as ondas quando estão fortes até a beira da praia*”, e a de Isabela (15 anos) da Escola do Centro: “*Acho que são as ondas, "a maré tá alta ou baixa", quando o mar está "violento"*”.

Fazemos aqui um destaque sobre a frequência com que aparecem, entre os alunos, as categorias de respostas que associaram marés com a *Elevação e/ou Abaixamento*, ou com a *Agitação ou força das águas* do mar. As frequências que apresentamos nos Gráficos 8, 9 e 10 para tais categorias leva em consideração a resposta dos estudantes à questão 8. Analisando respostas dos estudantes a outras questões ao longo questionário, percebemos, contudo, que um entendimento para o que são marés vinculado às ideias expressas nessas duas categorias, pode também se mostrar presente em outros momentos. Sobre isso, adotamos dois procedimentos.

Quando as respostas a outras questões traziam claramente esse sentido sobre as marés, e isso nos levava a esclarecer ou ressignificar as palavras que o estudante havia esboçado na sua escrita para a questão 8, nós assimilamos esse novo significado na classificação da resposta e isso ficou embutido na contagem das frequências das categorias, que os Gráficos apresentam. Assim, por exemplo, ao responder à questão

sobre o que são as marés (questão 8), Rafaela (15 anos), da Escola do Centro, escreveu que elas são “*a quantidade de água que há no mar*”. Essa seria uma resposta que, a princípio, enquadraríamos na categoria de marés como *Volume das águas*, porque não expressa, de uma forma clara, se pressupõe para as marés uma *mudança* da quantidade de água, e não permite, de início, assumirmos nela uma ideia de marés como *Elevação e/ou Abaixamento* das águas do mar. Porém, ao lermos a resposta da mesma aluna para a questão sobre se as marés afetam a vida de outras pessoas ou seres (que comentaremos mais adiante, nas respostas ao bloco V), Rafaela escreve: “[...] *tem uma rua perto da minha casa que quando a maré enche ela fica alagada*”. Com isso presumimos que ela entende que as marés possam ter relação com a *Elevação e/ou Abaixamento* das águas e a resposta à questão 8 foi interpretada como representante dessa última categoria. Percebemos algo similar e procedemos da mesma forma, com a categoria que associava marés com *Agitação ou força das águas*.

Quando as respostas a outras questões traziam as ideias expressas nessas duas categorias – de marés como *Elevação e/ou Abaixamento* e de marés como *Agitação e/ou força das águas* – mas estas mesmas ideias não apareciam na resposta à questão 8, não foram usadas para contabilizar a categoria na composição dos Gráficos em questão. Porém, fizemos uma contagem em separado, e é interessante ressaltar que, caso considerássemos esse significado expresso em qualquer momento do questionário (na questão 8 ou em outra qualquer), ambas as categorias teriam aumentado o percentual em que aparecem entre os alunos, passando-se, nesse caso, para uma frequência de 40,9% dos alunos apresentando a ideia de marés associada à *Elevação e/ou Abaixamento* das águas, e 17,4% dos alunos apresentando a ideia de marés como *Agitação e/ou força das águas* do mar.

Retomando as demais categorias de ideias dos alunos sobre o que são marés, outro padrão de resposta à questão 8 que nos chamou a atenção e que está sinalizado no Gráfico 8, foi aquele em que o estudante tratava as marés como um local determinado, ou seja, referia-se a “marés” como se fossem uma região específica. Assim, Messias (16 anos), da Escola do Centro, expressou que marés é “*onde ‘fica’ os caranguejos e o mangue*”. E Clara (15 anos), também da Escola do Centro, disse que a maré é “*algo que é o encontro do rio com o mar*”. Houve mais três respostas similares a essas, que nos levaram à categoria de *Maré como um Lugar*.

Ainda em relação às respostas que fazem menção às marés como um lugar, vale a pena frisar que algumas pessoas residentes em regiões próximas a áreas de rio, ou manguezal, comumente nomeiam este local de Maré, onde a água pode às vezes avançar demais. Em conversas com essas pessoas, é comum ouvir dizerem algo como “Fulano, que mora lá na Maré

[...]”, referindo-se a região específica onde ocorre alagamento pelo mar. Pode ser que haja alguma relação entre esse costume e algumas respostas que caracterizamos como uma visão de *Maré como um lugar*.

Alguns alunos da pesquisa apresentaram a ideia – por sinal, a segunda mais frequente entre eles - de que marés são as *Ondas* do mar (8,7% do total de alunos), como Fernanda (16 anos) que em sua resposta diz que “*são as ondas do mar*”. A maioria das respostas dessa natureza trataram ainda como se fossem ondas intensas. Cecília (17 anos), da Escola do Interior definiu que marés “*são as ondas quando estão fortes até a beira da praia*”. Carla (15 anos), da Escola do Centro, ainda define o que as causam: “*são ondas fortes que são criadas pelo vento*”. Essas respostas que trazem uma ideia de intensidade e força também foram associadas à *Agitação ou Forças das águas*.

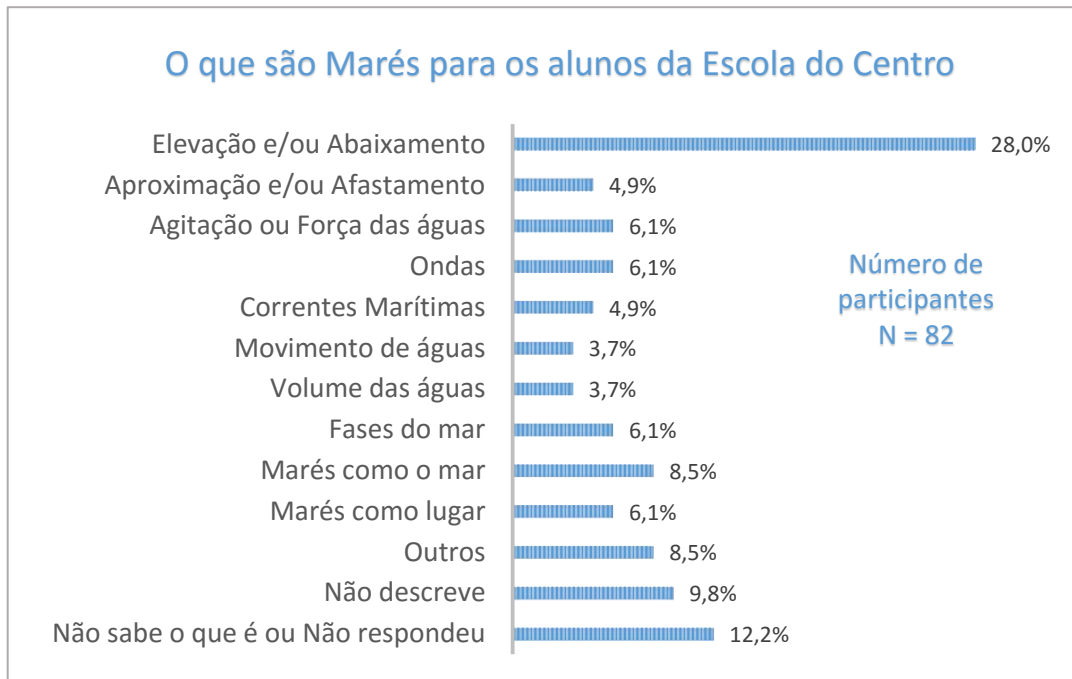
Percebemos ainda respostas que relacionam as *Marés como mar*, ou seja, que se expressam como se o mar em si fosse as marés, como escreveram respectivamente Bárbara (16 anos) e Carlos (15 anos), da Escola do Centro: “*é a água do mar*” e “*toda a água que está na praia ou rios*”. Repare que Carlos cita também a água presente nos rios, com isso enquadramos sua resposta também na categoria *Outros*.

Notamos, assim, que muitas das categorias não indicam uma percepção das marés como um fenômeno cíclico, regular, devendo essa perspectiva ser construída com os alunos, no ensino do tema.

Os Gráficos 9 e 10 mostram as categorias de respostas à questão 8 e as frequências com que apareceram separadamente, entre os alunos da Escola do Centro e os da Escola Interior, respectivamente.

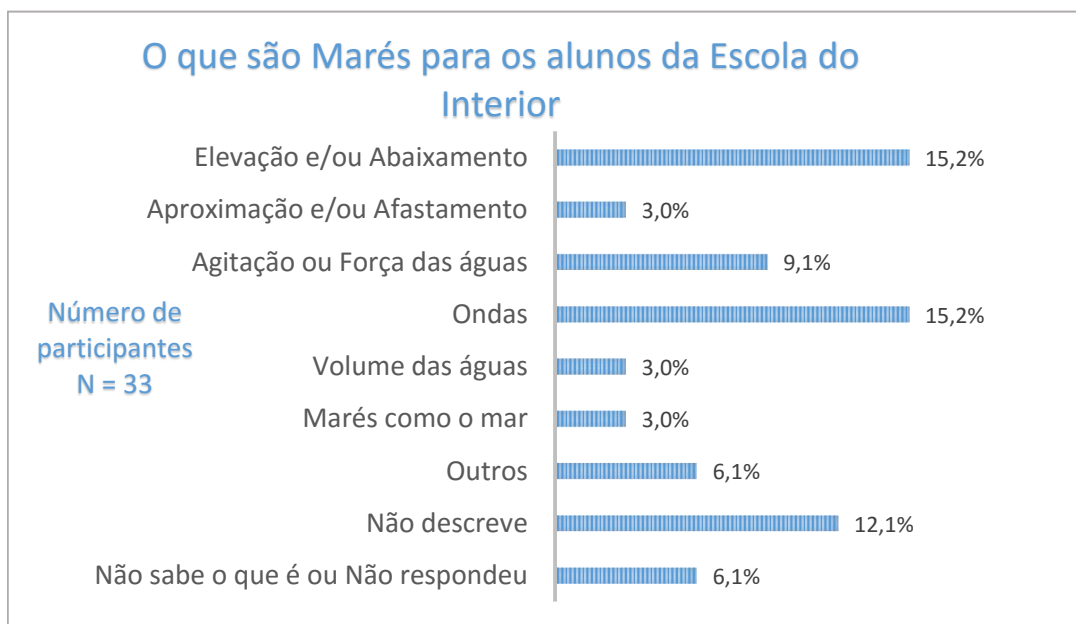
Percebemos que, assim como na mostra total, entre os alunos da Escola do Interior e entre os da Escola do Centro, separadamente, a categoria de respostas mais frequente é a que estabelece relação entre marés e *Elevação e/ou Abaixamento* das águas do mar.

Gráfico 9: Respostas dos alunos da Escola do Centro sobre o que são marés e frequência com que essas respostas aparecem entre eles.



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Gráfico 10: Respostas dos alunos da Escola do Interior sobre o que são marés e frequência com que essas respostas aparecem entre eles.



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

No entanto, a associação das marés com as *Ondas* do mar, na Escola do Interior, atinge igual frequência (15,2%), da mesma forma que a frequência com que a ideia de marés como *Agitação ou força das águas* aparece naquela Escola é proporcionalmente bem maior. Notamos que na Escola do Centro, essas categorias de resposta também estão entre as mais expressivas,

porém concorrem com uma diversidade maior de ideias que são sinalizadas ali, como as ideias de *Marés como lugar*, ou como *Correntes marítimas*, que não aparecem na Escola do Interior.

O que se destaca nesses resultados é que o fenômeno das marés não é algo facilmente compreendido entre as pessoas que o observam, e que podem haver várias percepções e interpretações para o que se observa ou se comunica sobre marés no cotidiano, seja a ideia de que marés são as águas do mar que variam (ou não) em quantidade, ou que são as ondas do mar, ou ainda, um lugar específico, e qualquer outra das ideias aqui discutidas. Essas variedades de definições podem abrir vários diálogos e discussões interessantes e, particularmente, voltamos a enfatizar, mostram que há a necessidade de se construir, durante o ensino, entre outras ideias que precisamos elaborar com os alunos, a de marés como uma variação regular no volume local das águas do mar, ao longo do dia. Aquilo que se vivencia ou que se interpreta das informações que se recebe sobre marés, no dia a dia, não necessariamente possibilita esse entendimento.

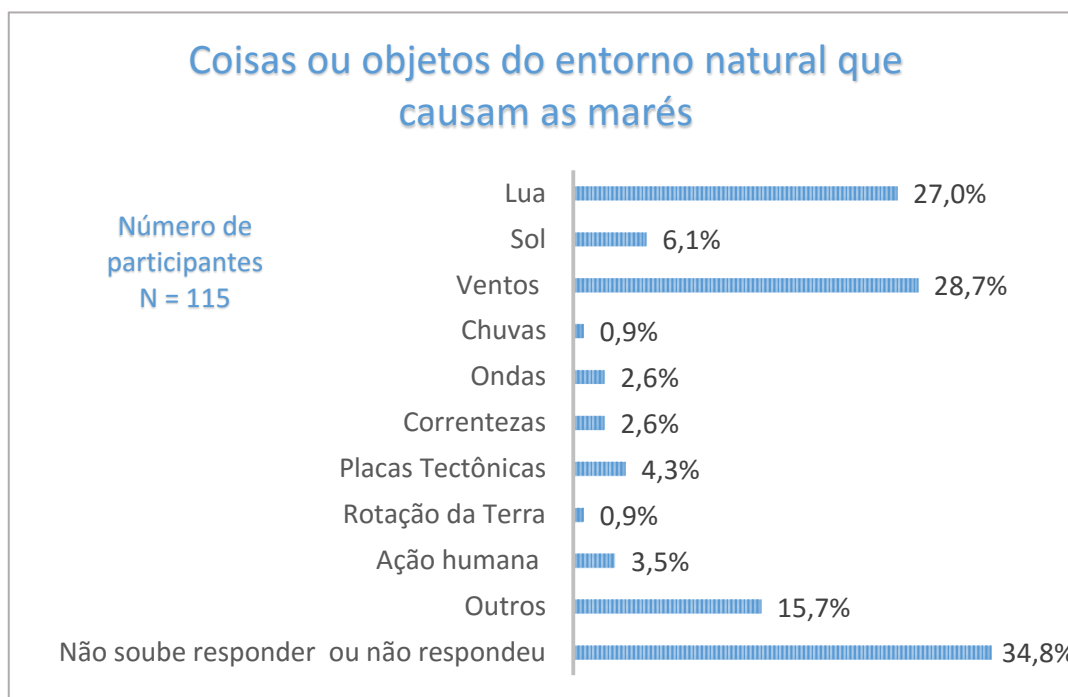
A questão 10 do questionário relacionava-se a que coisas ou objetos do entorno natural os alunos achavam que eram os responsáveis por gerar as marés. Isto é, o que, para eles, provocaria as marés? A seguir, o Gráfico 11 demonstra os tipos de respostas que obtivemos no conjunto dos estudantes que participaram de nossa pesquisa.

Vemos, nas categorias de respostas do Gráfico 11, que foram propostos agentes de diferentes naturezas como causadores das marés, tais como: astros (Lua, Sol), fenômenos climáticos ou meteorológicos (ventos, chuvas), fatores geológicos e/ou ligados à dimensão planetária da Terra (placas tectônicas, rotação da Terra), ou a própria ação humana.

Em meio à diversidade de categorias, nota-se, ao mesmo tempo, que temos três tipos mais frequentes de respostas: de um lado, uma considerável quantidade de alunos (34,8% do total, ou seja, 40 alunos) não responderam ou afirmaram não saber responder à questão, e de outro lado, dois ‘agentes’ foram citados com frequência mais significativa, ou seja, os *Ventos* (citado por 28,7% do total de alunos, 33 estudantes) e a *Lua* (27%, 31 estudantes). Em seguida, o Sol e a ação humana são os citados com mais

frequência, embora em proporção bem abaixo dos primeiros. Indo além dessa visão mais geral dos dados, seguimos comentando as várias indicações para as causas das marés.

Gráfico 11: Coisas ou objetos do entorno natural que causam as marés e frequência com que foram citados pelos alunos.



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Entre as respostas que apontam causas para as marés associadas aos astros, como *Lua* e *Sol*, algo que achamos interessante destacar foi que todas as menções ao Sol (7 estudantes, ou 6,1% do total), também relacionaram a causa das marés à Lua, como bem ilustra a resposta de Bernardo (15 anos), da Escola do Centro: “*A Lua e o Sol*”. Além disso, dois alunos, ao indicarem a Lua como agente, ainda expressaram, de forma mais específica, que são *as fases da lua* os responsáveis pelas marés. Ou seja, as respostas foram além de indicar um agente que seria responsável por provocar as marés, mas esboçaram ainda a indicação de uma variável ou mesmo alguns elementos de um possível mecanismo sobre como as marés acontecem. Seguindo essa linha de apontar elementos de mecanismos para as marés, outros três estudantes apresentaram outras prováveis formas de como os astros causam as marés. Assim, de acordo com dois deles, Andressa (16 anos) e Luiz (16 anos), ambos da Escola do Centro, elas acontecem devido à evaporação das águas pela Lua e/ou pelo Sol. Por fim, o aluno Gabriel (16 anos), da Escola do Interior, explica a causa da maré como “*a força gravitacional da Lua*”. Identificamos, assim, nas respostas à questão 10, três variáveis ou elementos de mecanismos

propostos para os astros produzirem as marés: as fases da Lua, a força gravitacional da Lua, e a evaporação das águas do mar.

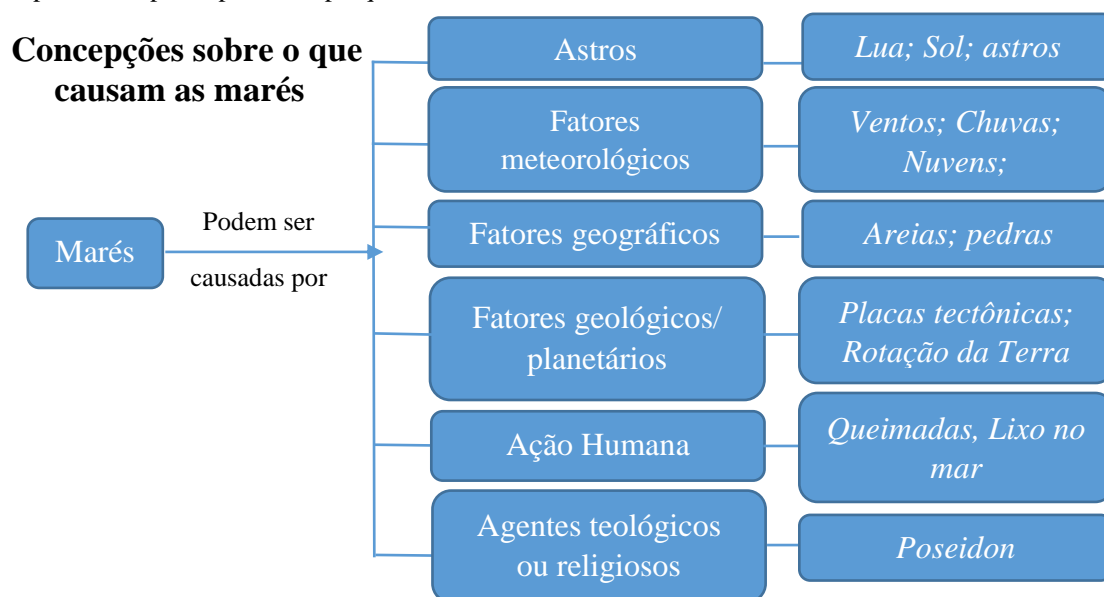
Como mencionamos antes, houve respostas que atribuíram as causas das marés a aspectos climáticos ou meteorológicos, como *Ventos*, e *Chuvas*. Algumas também apontaram agentes mais conectados ao mar, como *Ondas* e *Correntezas*.

A categoria *Ação humana* apresentada no gráfico, ainda que citada por apenas 3,5% dos alunos (4 de 115), nos chamou bastante a atenção. Ela está relacionada com respostas que se remeteram à poluição causada principalmente pelas ações do ser humano, como queimadas, lixos jogados ao mar, entre outras. Talvez esse tipo de respostas possa ser interpretado como resultante de relações do tipo: ações humanas que poluem o ambiente estão promovendo o aquecimento global e o derretimento das geleiras (tão difundido nas mídias), o qual pode ser a causa de alterações dos oceanos e, indo além, das marés. Estaria sendo estabelecida, assim, uma compreensão das marés como um fenômeno não natural, não regular, resultante de um desequilíbrio da natureza provocado pela ação humana. Essa interpretação, precisaria ser melhor investigada por meio de entrevistas, contudo, por ora, temos explicitada essa ideia de que ações humanas podem ser os responsáveis pela existência das marés.

Dentro da categoria *Outros*, encontram-se agentes citados com frequência ainda mais baixa do que aqueles que explicitamos no Gráfico: *astros* (indicados com esse termo mais geral), *pedras*, *areias*, *nuvens*, *temperatura*, *clima*, *choques (descargas elétricas)*, *oceanos*, e até mesmo *o deus Poseidon*, que, como sabemos, segundo a mitologia grega é o deus dos mares.

Considerando essas respostas e as explicitadas no Gráfico 11, um esquema que representaria bem, qualitativamente, os tipos de ideias dos agentes causais das marés seria o da Figura 10, a seguir:

— **Figura 10:** Esquema de concepções dos estudantes sobre o que causam as marés, de acordo com as respostas dos participantes da pesquisa.



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Ressaltamos mais uma vez que, como nas demais questões abertas, aqui as respostas dos alunos não foram previamente limitadas à indicação de apenas um agente como responsável por causar as marés. Assim, por exemplo, o Gérson (15 anos), da Escola do Centro, atribuiu as marés a “*talvez o movimento das placas tectônicas, ou a Lua. Ou Poseidon*”. De acordo com ele, portanto, pode ser uma dessas três hipóteses, e a resposta dele contabiliza a menção tanto para o agente astro/Lua, como para o fator geológico placas tectônicas, como para o agente teológico Poseidon.

Assim como na análise sobre a visualização e interpretação dos alunos sobre o que são as marés, percebemos que eles, no conjunto, apresentaram uma grande variedade de causas para o fenômeno.

Dando sequência à discussão dos dados sobre as causas das marés na visão dos alunos, na questão 11 pedíamos que eles desenhassem um esboço, com legenda, para nossa melhor compreensão, da ideia que eles tinham sobre o porquê das marés acontecerem. Nossa expectativa era de que algum mecanismo ou modelo de como as marés acontecem pudesse ser explicitado, ou detalhado, a partir dos desenhos apresentados, aprofundando as respostas que teriam iniciado ao apontar os agentes causais, na questão 10.

4.2.3.4 Análise dos desenhos dos estudantes

Dentre os 115 estudantes, 59,1% (68 alunos) elaboraram desenhos, logo, 40,9% (47 alunos) não desenharam. Na Escola do Centro e na Escola do Interior, o percentual de alunos que apresentaram desenhos foi de 65,9% (54 alunos) e 42,4% (14 alunos), respectivamente. Para discutirmos um pouco sobre as características que achamos importantes ressaltar dos desenhos, trazemos, na Tabela 1, uma síntese inicial de alguns dos aspectos observados ao longo da nossa análise.

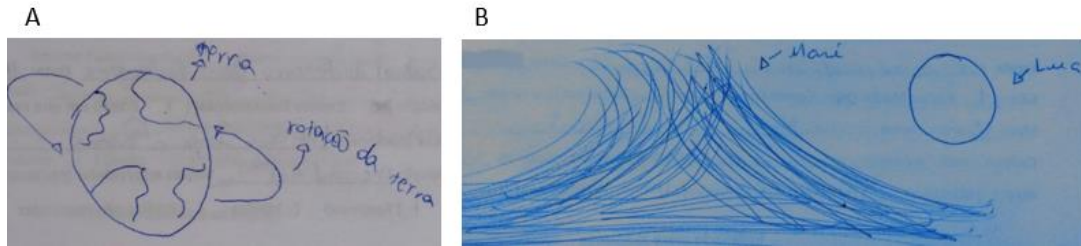
Tabela 1 - Dimensões observadas nos desenhos. O símbolo (-) representa valor nulo.

		Percentual dos alunos		
		Escola do Centro (N=82)	Escola do Interior (N=33)	Total (N=115)
Perspectiva adotada	<i>Local</i>	64,6%	42,4%	58,3%
	<i>Global</i>	1,2%	-	0,8%
Quanto à presença do agente	<i>Explícita</i>	39,0%	15,2%	32,2%
	<i>Não explícita</i>	20,7%	24,2%	21,7%
Número de momentos representados	<i>Um</i>	51,2%	36,4%	46,6%
	<i>Dois</i>	13,4%	6,1%	11,3%
	<i>Três</i>	1,2%	-	0,9%

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Um dos aspectos que nos chamou a atenção foi a perspectiva adotada para ilustrar a explicação do fenômeno. Percebemos que a maioria dos alunos o representaram sob uma escala topocêntrica, ou local (ver como exemplo a Figura 11.B, que traz cópia do desenho apresentado por Beatriz (15 anos), da Escola do Centro), que seria como visualizamos o fenômeno numa observação feita a partir de um lugar específico da Terra. Apenas um aluno ilustrou sua explicação numa escala global, a partir de um observador fora do planeta (Figura 11.A, desenhada por Miguel, 16 anos, da Escola do Centro).

Figura 11: Exemplos de desenhos com explicações para as marés, elaborados a partir de uma perspectiva global (A) e topocêntrica (B).



Fonte: Desenvolvido por alunos da pesquisa (2020).

Um segundo aspecto que achamos importante destacar foi que, em alguns desenhos, - como seria de esperar, dado o enunciado da questão, ficou explicitado um agente causador das marés, fosse ele o vento, o Sol, a Lua, ou outros. Isto é, quem elaborou o desenho, se preocupou em deixar explícito o que causava o nosso fenômeno de estudo. Um exemplo dessa situação foi o Nélio (15 anos), da Escola do Centro, que desenhou a Lua (Figura 12.A), e havia citado a mesma na resposta à pergunta 10, sobre o que causa as marés. Outros desenhos, no entanto, não demonstraram precisamente algo que causasse as marés, como foi o caso do desenho de João (16 anos), também da Escola do Centro, que havia citado a Lua como causadora das marés, na questão 10, mas não a incluiu no seu desenho (Figura 12.B).

Figura 12: Ilustração de desenho que evidenciou (A) e de desenho que não evidenciou (B) o agente causador das marés, na explicação para o fenômeno.



Fonte: Desenvolvido por alunos da pesquisa (2020).

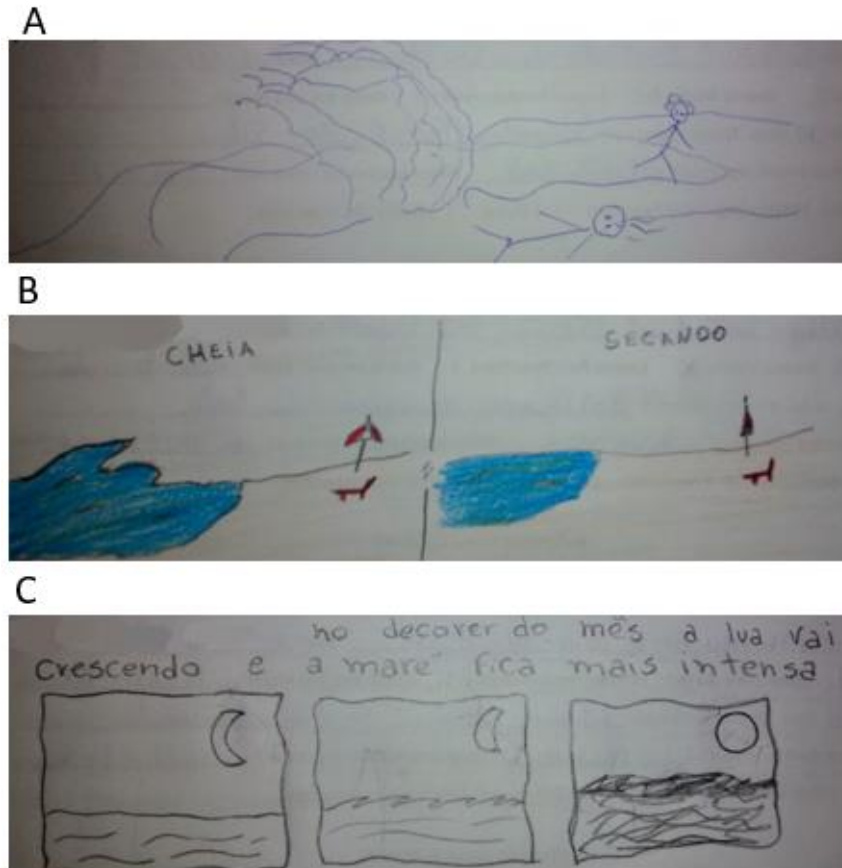
Podemos dizer que, de certo modo, nossa expectativa de um aprofundamento da informação textual solicitada na questão 10, a partir do desenho e legendas solicitados na questão 11, muitas vezes não se confirmou. É possível que essa falta de aprofundamento da informação dada anteriormente em forma de texto tenha relação com dificuldades dos alunos em desenhar, mas podem também estar revelando uma falta de detalhes nas ideias sobre como as marés podem ser geradas, associadas à própria falta de clareza sobre características do fenômeno, como o fato de serem elevações e abaixamentos regulares das águas do mar, que ocorrem em geral duas vezes ao dia, por exemplo. Em alguns casos, contudo, os desenhos possibilitaram complementar ou mesmo ampliar descrições dos agentes citados anteriormente, conforme retomaremos ao final dessa sessão.

Outro traço marcante ou diferenciador para nós, na análise mais geral dos desenhos, foi que alguns alunos representaram as marés não apenas em um quadro ou momento, mas em dois ou três, como podemos verificar comparando as representações de Cecília (17 anos), da Escola do Interior, ilustrada na Figura 13. A, e as de Luiz (16 anos), indicada na Figura 13.B e Elisa (16 anos) na Figura 13.C, da Escola do Centro. Como é possível observar nos exemplos ilustrados na Figura 13, os desenhos com representações de mais de um momento das marés fornecem indicativos de estados diferentes em que o mar se encontra, ou ainda, por meio das legendas, dos períodos em que ocorrem as marés.

Assim, na Figura 13.B., vemos que o aluno produziu um desenho em mais de um momento de modo a descrever uma mudança na paisagem ou ainda, no nível do mar, que avança e recua em relação à costa. Não explicita o agente, ou seja, não chega a apresentar uma explicação no desenho, mas descreve as marés ocorrendo, em dois momentos distintos

Já o desenho da Figura 13.C., considerado em conjunto com sua legenda, ilustra um entendimento de que as marés têm relação com *as fases* da Lua, indicando ainda a mudança no mar ocorrendo ao longo do mês, e as marés ocorrendo como uma maior agitação, e não como elevação e abaixamento das águas do mar. Vemos ainda que, por trás do entendimento de que as marés se relacionam com as fases da Lua, pode ser que a *luminosidade* crescente da Lua o que, para o aluno, se relaciona com a intensidade da maré, ou com a formação da maré alta, numa visão de maré como força ou agitação das águas.

Figura 13: Desenhos que explicam as marés em um quadro ou momento (A), em dois momentos (B) e em três momentos (C).



Fonte: Desenvolvido por alunos da pesquisa (2020).

Notamos que as representações em um ou mais momento podem ou não incluir os agentes, podem ou não aprofundar as explicações envolvidas no fenômeno das marés que o aluno já indicou antes do desenho, porém, achamos importante sinalizar esse traço distintivo entre os tipos de desenhos produzidos, numa análise mais geral para caracterizar tais representações.

Retomemos agora, para finalizar essa primeira análise do Bloco III de questões, alguns pontos fornecidos pelos alunos que evidenciaram, nos desenhos, o que imaginam como agente causador das marés. Conforme mencionamos anteriormente, percebemos que algumas representações não apenas explicitaram o agente, como de fato aprofundaram as informações que elaboraram por meio do desenho e indicaram também algum aspecto ou variável, algum elemento de mecanismo por meio do qual esse agente causador atua, na formação das marés.

Como exemplo, temos a representação de Pedro (15 anos), da Escola do Centro, que desenhou sua explicação para as marés em dois quadros ou momentos, evidenciando, em sua ilustração, tanto o que consideramos como um entendimento de marés como elevação e abaixamento da água do mar, como uma relação, que parece estabelecer, entre a proximidade ou distanciamento da Lua e a elevação ou abaixamento no nível das águas do mar, ou seja, a ocorrência das marés (Figura 14).

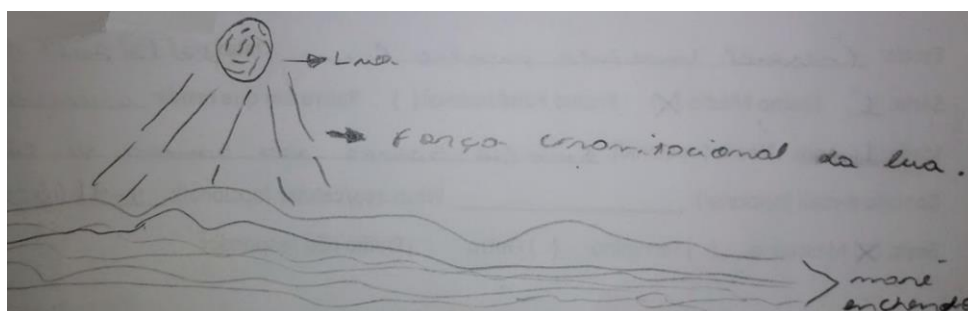
Figura 14: Desenho indicando a variação na distância da Lua como (parte do) mecanismo causador das marés.



Fonte: Desenvolvido por um aluno da pesquisa (2020).

Outro desenho ilustrava a Lua como agente causador das marés, e apresentava uma representação para a força gravitacional, sugerindo-a como parte do mecanismo pelo qual nosso satélite gera as marés na Terra. Foi o desenho de Gabriel (16 anos), da Escola do Interior (Figura 15).

Figura 15: Desenho representando a força gravitacional da Lua como parte do mecanismo causador das marés.

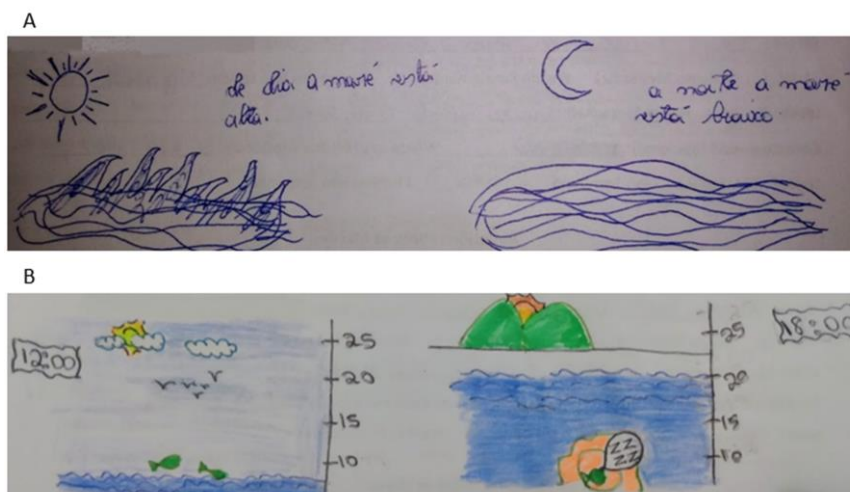


Fonte: Desenvolvido por um aluno da pesquisa (2020).

Os mecanismos que alguns alunos apresentaram nos seus desenhos não se restringiam necessariamente aos relacionadas com a Lua como causadora das marés. Percebemos, também, por exemplo, uma relação entre marés e os períodos do dia e da

noite, em dois desenhos, ambos da Escola do Centro. O de Laura (16 anos), ilustrado na Figura 16.A, que aparentemente indicou que as marés altas ocorrem sempre durante o dia, e o de Fernanda (16 anos), na Figura 16.B, apontando o inverso, ou seja, a maré alta ocorrendo ao pôr do Sol, início do período noturno, e a maré baixa, ao meio dia.

Figura 16: Desenhos representando uma possível relação entre dia e noite e a dinâmica das marés.

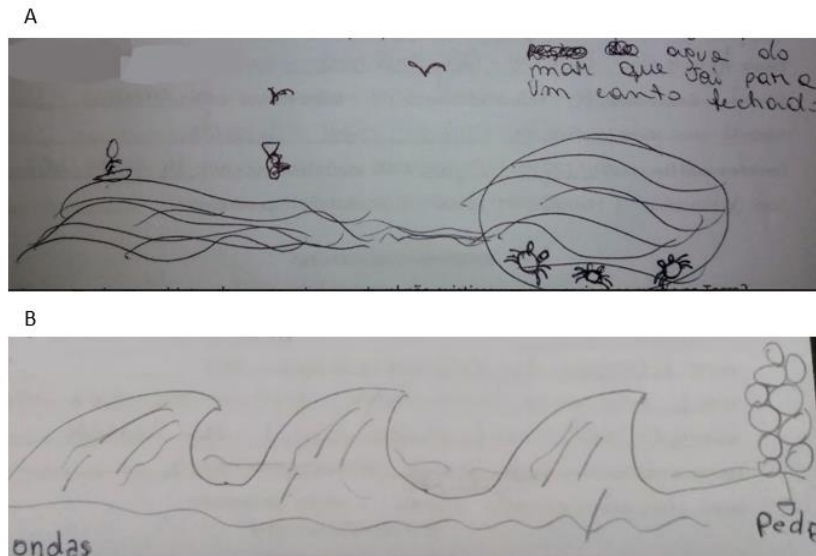


Fonte: Desenvolvido por alunos da pesquisa (2020).

Note-se ainda que, no caso do desenho de Laura, a maré alta está associada à ideia de águas mais agitadas, enquanto Fernanda relaciona nitidamente (por meio da régua que inclui no desenho) as marés à elevação e ao abaixamento das águas do mar. De que modo a oposição dia e noite acaba por gerar as marés não fica explicitado nas legendas e desenhos, mas uma relação entre a variável horário do dia parece estar subjacente no mecanismo que causa as marés, que para Laura se dá de acordo com as fases da lua, e para Fernanda, em virtude do Sol e da Lua, não deixando claro o mecanismo ao qual esses dois astros atuam.

Houve ainda desenhos que sugeriram uma indicação da geografia local como uma circunstância para o mecanismo ou acontecimento responsável por produzir as marés. Como destacado anteriormente, alguns alunos apontaram as marés como se fosse uma região específica, tal como um local onde ocorre o encontro de um rio com mar, ou uma região formada a partir da distribuição de pedras no mar ou na praia. O desenho de Messias (16 anos), da Escola do Centro (Figura 17.A) ilustra uma representação onde a distribuição do contorno da praia termina por produzir esse local ou região, entendido como maré. O de Bruna (16 anos), também da Escola do Centro (Figura 17.B), indica a presença de pedras se relacionando com as marés.

Figura 17: Desenhos representando a geografia local como principal fator para as marés acontecerem. Legenda da Figura 17A: “água do mar que vai para um canto fechado”.

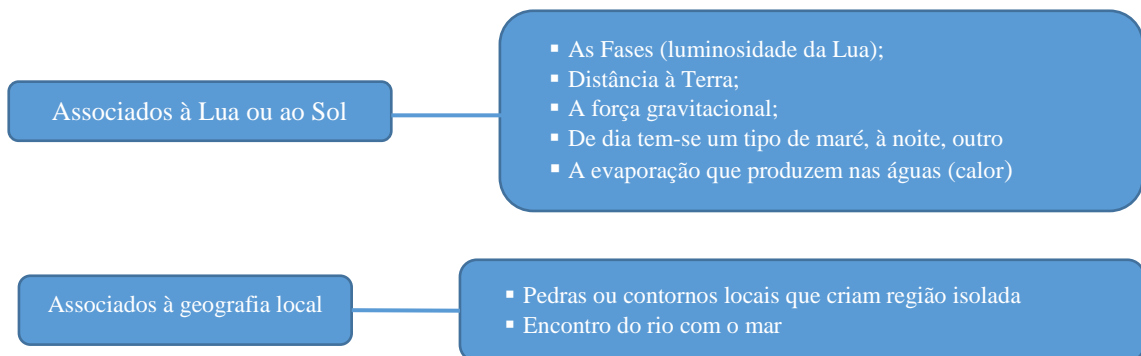


Fonte: Desenvolvido pelos alunos da pesquisa (2020).

Considerando o conjunto de variáveis ou partes de mecanismos que produzem as marés, sejam aqueles que identificamos na menção dos alunos aos agentes responsáveis pelas marés, nas respostas à questão 10, sejam aqueles que ficaram explícitos por meio dos desenhos e legendas solicitados na questão 11, podemos reuni-los de forma mais sistemática num esquema qualitativo como o que segue na Figura 18.

Figura 18: Esquema representativo das variáveis ou elementos que influenciam as marés, de acordo com as respostas dos participantes.

Variáveis ou elementos que são parte dos mecanismos responsáveis por causar as marés, para os participantes de nossa pesquisa



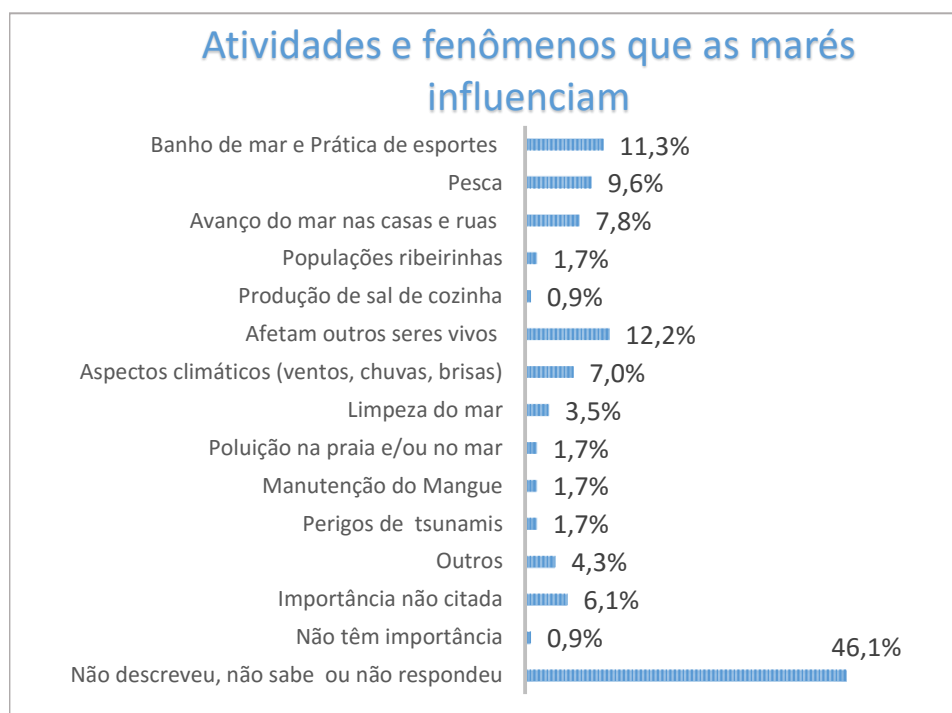
Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

4.2.3.5 Em que as marés importam?

Nosso penúltimo bloco de questões foi destinado a levantarmos o entendimento dos alunos sobre como as marés se relacionam com seu cotidiano e com o cotidiano de outras pessoas, com outros seres vivos e o ambiente de um modo geral. Esses fatores nos interessam porque podem indicar o quanto os alunos percebem o impacto sócio ambiental das marés em suas realidades locais/regionais e no planeta, e o quanto isso necessita e pode ser trabalhado numa perspectiva de ensino interdisciplinar sobre o tema, ampliando as relações a serem construídas com a Física e a Astronomia.

Fizemos uma só sistematização para a análise das respostas às duas questões deste bloco, tendo em vista que as respostas dos alunos a uma questão muitas vezes eram encontradas na outra, e ainda, que elas, de forma conjunta, abordam os efeitos, a influência ou importância das marés em diferentes fatores do nosso dia a dia. Apresentamos, no Gráfico 12, as principais categorias que formulamos a partir das respostas, e a frequência com que apareceram entre os alunos.

Gráfico 12: Fatores socioambientais influenciados pelas marés segundo os participantes do estudo, e a frequência com que são indicados.



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Uma primeira coisa que se destaca nos dados sistematizados é a elevada proporção de alunos que não responderam, expressaram não saber ou não terem ouvido falar a respeito da influência das marés, seja em seu cotidiano seja na vida de outras pessoas e seres vivos (46,1%

do total de alunos, ou seja, 53 de 115). Além disso, nota-se ainda que não há fatores que tenham recebido uma proporção significativa de citações.

Entre os fatores com maior frequência de indicação, tivemos: o fato que as marés *Afetam outros seres vivos* (12,2% dos alunos, ou 14 de 115), a *Pesca* (9,6%), *Riscos de banho na maré alta* (7,8%) e *Avanço do mar nas casas e ruas* (7,8%), *Aspectos climáticos* (7,0%), *Banho de mar e prática de esportes* (5,2%), e aspectos relacionados à *Poluição na praia e/ou no mar* (3,5%). Apesar das baixas frequências com que esses fatores foram citados, devemos atentar para a considerável variedade deles, o que demonstra que o conjunto de alunos atribui influência significativa das marés, seja em impactos ao ecossistema (afetando outros seres vivos, aspectos climáticos e poluição), ou em impactos sociais (pesca, banho de mar, avanço destrutivo das marés, etc).

Desse modo, o aspecto mais mencionado entre os alunos acerca da importância das marés foi o fato delas poderem afetar outros seres vivos, e entre estes foram citados caranguejos, siris, peixes, e mesmo baleias, como Gabriel (16 anos) da Escola do Interior escreveu: “*Ouvi dizer que frequentemente baleias ficam encalhadas quando a maré ‘tá’ baixa*”.

A segunda maior quantidade de respostas foi a que relacionou as marés à *Pesca*. Esperávamos uma proporção significativa para esse fator, tendo em vista que temos algumas comunidades de pescadores que sempre estão saindo e vindo de atividades de pesca, na beira-mar, em algumas praias urbanas da cidade de Natal, tais como Ponta Negra e Redinha. Em praias como Pipa, por sua vez, os pescadores afirmam que de fato fazem uso das marés para saberem a hora de colocar o barco no mar para pescar. Como lá existem recifes de corais ainda no raso, a maré não pode estar muito seca, para eles saírem, sob risco do fundo do barco bater nas pedras e eles sofrerem danos.

As respostas que indicaram *Banho de mar e prática de esportes aquáticos* como aspectos afetados pelas marés, provavelmente estão relacionadas com as atividades que os alunos gostam de realizar na praia, e a percepção dos momentos mais propícios para tais atividades, as quais dependem do nível - e até certo ponto, do fluxo - da água do mar. É comum ouvirmos falar, e os próprios alunos relataram, que é perigoso o banho de mar durante uma maré cheia devido à agitação do mar e ao fato de que a água está mais funda que o normal, nessas ocasiões. Retrato disso foi que quase 70% dos alunos (9 dos 13) que classificamos as respostas como *Banho de mar e prática de esportes aquáticos*, relacionaram suas respostas a esse risco, como vemos no relato de Fabiana (15 anos), da Escola do Centro: “*quando a maré está alta pode ocorrer mortes de*

pessoas, por conta de afogamentos”. A mesma lógica vale para algumas práticas esportivas no mar, onde geralmente o surfista, por exemplo, prefere as ondas que vêm com a maré enchendo ou secando.

O *Avanço do mar nas casas e ruas* durante marés muito intensas em regiões específicas do litoral é comumente citado na mídia, e os participantes, como Amanda (16 anos), da Escola do Interior, também trouxeram a possibilidade desse impacto das marés: “*Pode levar casas, objetos*”. Seria muito interessante trazer também essa discussão sobre a construção de casas ou prédios comerciais numa região muito próxima ao mar, tendo em vista que é um tema que sempre está sendo discutido nos planos pilotos das cidades costeiras.

Outro conjunto de respostas que nos chamou atenção quanto à importância ou a impactos socioambientais das marés atribuídos pelos alunos, foi a percepção de *Limpeza do mar* que esse fenômeno pode provocar. Alguns alunos indicaram que as marés limpam o mar, alguns até se estendendo à limpeza da praia, como Paloma (15 anos), da Escola do Centro, que diz que as marés são importantes para “*a limpeza das praias*”, e ainda completa explicando o porquê dessa limpeza ser importante: “*sem a ‘alta-limpeza’ afeta os animais*”. Acreditamos que Paloma deva estar se referindo às correntes de marés que levam o lixo para o alto mar e de certa forma, promove a limpeza das praias, assim, evitando prejudicar os animais marinhos. No entanto, devemos lembrar que essa ‘sujeira’ saindo da praia, não evita que os animais sofram com toda a poluição que geramos, muito pelo contrário. É comum acompanharmos nos noticiários animais marinhos como tartarugas, tubarões, aves, entre outros, sendo capturados com o estômago repleto de sacos, ou mesmo enforcados com plásticos.

Alguns alunos apresentaram *Outros* fatores que foram menos citados entre eles, como risco de tsunamis, alteração de humor, relação com os signos e a ‘densidade da força do mar’. Mais uma vez, a menção ao risco de tsunami, pode ter relação com acontecimentos noticiados pela mídia, que os alunos podem temer que aconteça aqui, o que é pouco provável.

4.3 Considerações sobre o que pensam os alunos sobre marés

A pesquisa que realizamos, que buscava, além da compreensão que os alunos apresentam sobre o fenômeno de marés, saber como os mesmos o interpretam e como se relacionam com o meio ambiente onde ocorre esse fenômeno, nos surpreendeu com resultados não imaginados, com uma pluralidade de visões e entendimentos. Isso, com certeza, agregará formas interessantes de percepção de como as pessoas podem compreender as marés, quando formos abordar este tema num provável curso, aula, palestra e afins.

Percebemos que a maioria dos alunos não têm o hábito muito frequente de ir à praia, o que pode ser relacionado, como já falamos anteriormente, à faixa etária dos participantes.

Apesar da frequência baixa relacionada à ida dos alunos para a praia, em que a maioria, inclusive dos alunos residentes na cidade de Natal, expressou que raramente vão, uma gama de interpretações para marés nos foi apresentado, desde a visão de maré como *Elevação e abaixamento* das águas do mar à de *Maré como lugar*. Essas variedades de visões corroboram com a complexidade que o fenômeno apresenta e nos prova que o ensino de marés pode não apresentar uma solidez para esses alunos que acabam de entrar no Ensino Médio. Podemos, também, explorar os aspectos que realmente são indicadores físicos de marés, como *Elevação e/ou Abaixamento; Aproximação e/ou Afastamento* e identificar os contraexemplos, *Ondas, lugar*, que são apresentados por eles e buscar entender o porquê desses aspectos não estarem relacionados às marés. É necessário compreender precisamente o que são as marés, aplicando um conceito específico. Isto é, a variação do nível do mar que ocorre ciclicamente, com dois momentos de subida e dois momentos de descida, em aproximadamente 24h e 50 min, são marés. Este conceito bem estabelecido, pode facilitar para perceber o que *não* são marés, o que chamamos de contraexemplos.

Vale ressaltar também a variedade de ‘agentes’ causadores de marés que detectamos. Para ser mais precisos, encontramos dezenove! Não perguntamos aos nossos participantes onde eles ouviram ou leram sobre esses agentes que eles apontaram, o que pode ficar para um futuro trabalho e/ou pesquisa nessa área. Assim, como comentado anteriormente, os fatores que não estão diretamente relacionados à origem gravitacional das marés, com *Ventos, Chuvas, Placas tectônicas* podem ser usados como contraexemplos a serem discutidos e gerarem conflitos entre as ideias, provocando alunos a refletirem mais sobre suas hipóteses e/ou teorias, ao mesmo tempo em que deve-se oferecer subsídios para eles progredirem nessas reflexões. É importante analisar com os alunos esses diferentes agentes, a fim de encontrar as limitações que possam ter num provável modelo, ou esboço de modelo para as marés.

A análise dos desenhos nos gerou uma reflexão sobre o fato de alguns estudantes apresentarem as fases da Lua como geradoras das marés. Como já discutimos, a origem das marés na Terra está relacionada às forças diferenciais gravitacionais que a Lua e o Sol exercem em nosso planeta. Assim, o principal agente causal é de origem gravitacional, considerando-se a extensão da Terra. As fases da Lua, como sabemos, não ocorrem devido à gravidade, são apenas um efeito luminoso em virtude das posições relativas da Lua e do Sol relacionado à Terra. Como observamos a Lua da Terra, para nós, nem sempre a metade dela voltada para nós coincide com a metade dela iluminada pelo Sol.

Sim, a intensidade das marés muda com as fases lunares. Nas fases nova e cheia, os astros Sol, Terra e Lua estão alinhados, em sizígia, e os efeitos de maré do Sol e da Lua sobre a Terra, por eles estarem numa mesma direção, somam-se, gerando marés mais intensas (marés de Sizígia ou Vivas). Já nas fases crescente ou minguante, os astros Sol, Terra e Lua estão em quadratura, os efeitos de maré do Sol e da Lua sobre a Terra, ou seja, as direções dos bojos que cada um tende a definir nas águas da Terra são perpendiculares e, combinados, os efeitos são atenuados (marés de Quadratura ou Mortas). Ou seja, as fases estão correlacionadas às marés, mas não se trata de uma relação causal. Essa análise e reflexão deve ser trazida à tona, no ensino. Isto é, como os alunos que indicam que as fases da Lua são responsáveis pelas marés, justificariam essa hipótese?

Alguns dos fatores socioambientais que as marés influenciam podem ser retomados de forma mais analítica numa discussão em sala de aula, tendo em vista que estes apresentam um forte caráter interdisciplinar. O detalhamento desses fatores seria muito enriquecedor para explorar melhor de que forma as marés podem se relacionar com eles. Por exemplo, quando foi citado que as marés podem invadir casas, isso abre muitas discussões acerca do porquê, naquele dia, numa região específica, houve esse avanço “fora do normal”. Como estava a fase lunar naquele período? As construções nas regiões litorâneas são realizadas pensando nas marés? Essa é apenas uma das diversas problematizações acerca dos aspectos relacionados ao fenômeno de marés.

Algo que nos chamou muita atenção foi o fato das respostas dos estudantes das duas escolas, no geral, não apresentarem uma diferença muito perceptível entre elas. Uma das prováveis explicações para isso seria a frequência pouco assídua dos alunos à praia, como já comentado anteriormente; além disso, a relação que eles possam estar estabelecendo com esse local, quando vão ao mesmo.

É importante lembrar que o fenômeno de marés está relacionado a diversos fatores um pouco mais complexos, que não aos astros Sol e Lua. Alguns destes foram apresentados de alguma forma, nas respostas dos alunos, como temperatura de águas, rotação do planeta e correntezas, por exemplo, inclusive com relação a algumas teorias discutidas no capítulo 2. Esses tópicos que podem estar desorganizados na cabeça de alguns alunos e devem ser trazidos à tona em algum momento para a exploração do fenômeno em si.

5 POR DENTRO DAS MARÉS: PROPOSTA DE UM MÓDULO PARA PROFESSORES DE FÍSICA

Até então, percebe-se que o fenômeno de marés está longe de ser algo trivial, simples ou de rápida análise e solução. Muito pelo contrário. Apesar de ser um fenômeno astronômico cíclico mais rápido que a duração de um dia, presente e usualmente perceptível nas cidades costeiras, o estudo das marés, suas causas e características tem uma complexidade significativa, demanda a compreensão de diversos fatores. Em nosso trabalho, como já afirmamos, estamos focando em alguns aspectos da Física e Astronomia que possibilitam compreender a causa astronômica do fenômeno.

Ao longo do nosso texto, abordamos alguns fatos históricos acerca do conceito de marés, como ela foi interpretada, como eram algumas principais ideias e teorias discutidas entre os estudiosos de cada época para explicá-las. Dentre essas teorias, escolhemos trabalhar a origem das marés de acordo com a Teoria do Equilíbrio, proposta por Newton, no final do século XVII.

Retomamos algumas expressões matemáticas básicas, que possibilitam por exemplo um estudo comparativo das forças de marés em nosso planeta, geradas pelo Sol e pela Lua. Tais cálculos, a princípio, estão condizentes com o que os alunos da 1ª série do Ensino Médio estudam em outros momentos, embora acreditamos que algumas discussões conceituais qualitativas sobre o fenômeno são possíveis, com o conteúdo aqui apresentado.

Todavia, deixamos claro as limitações que a Teoria do Equilíbrio possui, e que apenas ela não tem capacidade de realizar a predição de maré em qualquer lugar, pois como Galileu sugeriu, em seus estudos, e a teoria dinâmica e os modelos ondulatórios de marés deixam evidente, há vários fatores concomitantes atrelados para determinar as marés de cada região.

Como nos propomos a abordar tal tema, ao longo da nossa pesquisa, nos preocupamos em saber como os fenômenos de marés estão presentes na atual BNCC e nos trabalhos acadêmicos publicados em revistas e eventos, dissertações e teses da área.

Também pesquisamos, especificamente, os trabalhos relacionados às marés que abordassem, sob algum aspecto, os conhecimentos prévios que os estudantes possuem sobre o nosso tema. Ademais, realizamos nossa própria pesquisa com alguns estudantes do nosso estado, residentes próximos à praia e também distantes. O resultado encontrado nos deixou surpreso quanto à diversidade de ideias e interpretações que eles apresentaram sobre as marés, e aponta alguns fatores para atentarmos na hora de ensinarmos o tema.

Com os conhecimentos reunidos sobre as marés, bem como cientes da pluralidade de fenômenos biológicos e conjecturas sociais relacionados a essa variação cíclica das águas do mar, e considerando o fato desse ser um assunto que não vem sendo abordado no Ensino Médio, elaboramos um material voltado para professores de Física da Educação Básica visando instigar e oferecer um suporte a esses professores de Física, para que venham a explorar esse rico fenômeno em suas aulas. O material visualiza uma contribuição mais direta para abordagens que venham a ensinar a teoria da Gravitação inserindo-a na temática Vida, Terra e Cosmo da BNCC do Ensino Médio (BRASIL, 2018).

Sob a forma de um Módulo para o professor intitulado Por Dentro das Marés, o material é desenvolvido em quatro capítulos que guardam relação com os estudos que realizamos e sistematizamos nos capítulos dessa dissertação, fazendo uso de uma linguagem mais objetiva.

Na apresentação do Módulo, iremos falar sobre os objetivos do material, bem como sobre como esperamos que ele venha a apoiar o professor no Ensino das Marés. Procuramos chamar a atenção do professor para a importância do tema e para o fato de que tal fenômeno não é tão explorado durante o Ensino Médio, e apresentar um pouco das ideias que estaremos propondo para o material que ele tem em mãos.

O primeiro capítulo aponta a importância das marés para todo o ambiente em que elas atuam mais diretamente, as regiões costeiras. Chamamos a atenção para que toda a fauna e flora presentes em praias, fozes de rios, manguezais e recifes de corais está adaptada às variações do nível de maré. Sinalizamos ainda para dimensões sociais que se conectam ao tema, tais como a construção de moradias, estabelecimento e portos; a definição do horário de saída e chegada de embarcações e barcos de pesca, que precisam observar as marés para não haver encalhamento; o melhor horário para as pessoas usufruírem da praia para atividades de lazer ou laborais.

O segundo capítulo desenvolve uma apresentação da tentativa de compreensão das marés e de suas causas por algumas teorias desenvolvidas ao longo da história. O professor terá conhecimento, ali, sobre os registros mais antigos a que temos acesso, sobre o fenômeno, as primeiras observações e os desafios para a compreensão da relação entre a Lua - algo tão mais distante de nós, e o comportamento das águas do mar, até aspectos dos modelos ondulatórios, mais recentes. Esperamos conseguir dar uma dimensão do quão desafiadora e complexa foi a teorização sobre esse fenômeno observado há milênios, mas cuja compreensão atual, para a ciência, foi consolidada apenas no século passado.

Ainda nesse capítulo mais teórico, abordamos a Teoria do Equilíbrio de uma forma mais detalhada para o professor, com os principais procedimentos matemáticos para a dedução da diferença de forças gravitacionais que geram as marés sob o ponto de vista da Astronomia, utilizando equações usualmente abordadas junto aos estudantes da Educação Básica.

O capítulo seguinte apresenta inicialmente uma breve síntese sobre o levantamento bibliográfico que fizemos sobre os trabalhos relacionados às concepções prévias dos estudantes sobre o fenômeno de marés, ressaltando a importância desses dados e de estudos dessa natureza para nós, professores, de modo a nos prepararmos para o diálogo com as prováveis ideias que nossos alunos poderão apresentar. Em especial, neste mesmo capítulo, apresentamos um recorte da metodologia e dos resultados que obtivemos na nossa pesquisa com as duas escolas do Rio Grande do Norte, relatada no Capítulo 4 dessa dissertação.

No último capítulo, oferecemos algumas sugestões de práticas e recursos didáticos a que tivemos acesso em nossos levantamentos e em nossas experiências anteriores com o tema das marés, para estimular o professor a implementar o ensino do tema. Apontamos, ainda, algumas referências onde os professores poderão aprofundar as discussões que abrimos naquele texto.

Entre as atividades e recursos que apresentamos ali, procuramos estimular o professor à preparação de uma aula de campo em alguma praia próxima a sua região, tendo em mente o viés proposto por Jafelice (2010, p. 219, grifo do autor), quando defende “a criação de estratégias pedagógicas que propiciem *vivências*, antes de incitar as pessoas a pensarem conceitualmente ou refletirem sobre os conteúdos”. Concordamos que presenciar um fenômeno pode ser de extremo entusiasmo para os estudantes e, se bem planejado e direcionado pelo professor, essa vivência, contemplando a observação de algumas dimensões, pode vir a potencializar o desejo dos alunos aprenderem o porquê daquilo que se observa, e mesmo suas implicações. Ainda no último capítulo o Módulo contém alguns links de materiais como vídeos, textos, livros e simuladores que podem auxiliar na compreensão de algumas ideias específicas que o professor queira explorar com mais detalhes em suas aulas, acerca das explicações das marés.

5.1 Considerações de professores de Física sobre a versão inicial do material para o professor

Concluída a primeira versão do módulo Por Dentro das Marés, procuramos saber se a escrita do texto, seus objetivos e conteúdos envolvendo o fenômeno das marés, estavam adequados, apresentados de forma clara e coerente para o uso por professores de Física da

Educação Básica. Para isso, enviamos para alguns professores de Física, via e-mail, um convite para participação na avaliação do material em questão.

Neste convite, foi informado ainda o tema e o número de páginas do material, e foi explicado que a avaliação do mesmo contemplaria duas etapas, a leitura e a avaliação coletiva dele. A leitura deveria ser realizada ao longo de uma semana, ao final da qual faríamos um encontro virtual por meio de uma videoconferência, com duração prevista para 3 horas.

Anexado no convite aos professores, havia um link de um formulário que requisitava algumas informações deles, como a formação acadêmica, se estava atuando como professor, em caso afirmativo, se no Ensino Público e/ou Particular. Perguntamos também se aceitavam a gravação da videoconferência para nossa análise posterior acerca das principais discussões e contribuições desenvolvidas pelo grupo no encontro, sabendo que nenhum participante seria identificado numa possível transcrição de fala.

Destinamos o convite para 16 colegas professores de Física, dos quais 6 responderam ter disponibilidade para realizar as duas etapas da avaliação; destes, 4 participaram do encontro para discussão do material, sendo o grupo formado de uma professora e três professores.

Todos os que participaram da etapa da leitura do material e da videoconferência são formados em Licenciatura em Física. Um deles tem título de Mestre em Ensino de Ciências Naturais e Matemática, e outro está atualmente desenvolvendo um mestrado nessa mesma área. Apenas um professor não está lecionando no momento (o que está cursando o mestrado); os demais lecionam em Escolas Públicas.

A videoconferência durou aproximadamente 3 horas e 40 minutos e foi dividida em três momentos. Inicialmente, após uma conversa inicial sobre os momentos que havíamos planejado para a reunião, foi apresentado em slides, em linhas gerais, o conteúdo presente no produto “Por Dentro das Marés”. Em seguida, foi dado um tempo destinado às dúvidas que os professores tiveram na leitura do texto ou no conteúdo em si, ali apresentado, e por fim, o mais importante, abrimos para as considerações gerais dos professores, bem como para as sugestões que eles tinham para a melhoria do material. Solicitamos ainda que nesse momento eles se expressarem sobre como viam a aplicabilidade que o material teria no sentido de apoiar os professores de Física no planejamento de suas aulas sobre as marés. O segundo e terceiro momento aconteceram de maneira simultânea. Cada professor, durante sua fala, expressou suas dúvidas, considerações e sugestões, e após cada fala deles fizemos nossas considerações. De toda a reunião, que foi muito rica, inclusive com dúvidas, questionamentos e considerações dos

professores sobre a nossa pesquisa, selecionamos aquelas que consideramos como as principais considerações e sugestões voltadas diretamente para o Produto Educacional, para indicarmos a seguir. Dado o número pequeno de docentes nesse encontro, optamos por indicar as considerações por tema levantado, sem fazer associação direta com o/a (s) docente (s) que o indicou. Além disso, iniciaremos retomando pontos de melhoria que foram sugeridos pelo grupo, detalhando um pouco mais esses pontos, e finalizaremos com os pontos positivos que foram levantados para o Produto, nessa avaliação.

Uma das sugestões estava relacionada ao potencial interdisciplinar que o tema das marés suscitou para um dos docentes. Ao apresentar a importância do tema no texto do Módulo e em nossa fala na reunião, havíamos destacado a possibilidade e a importância de estudos das marés, no ensino formal, relacionar Física com Astronomia, Biologia, Geografia e Sociologia, por exemplo. Um dos docentes ampliou essa perspectiva com a sugestão, que consideramos muito interessante, de atividades que incorporassem a disciplina de Artes ao olhar das demais disciplinas. Consideramos muito interessante que, por exemplo, em aulas de campo, o olhar (e a expressão) estética para a natureza possa compor também o exercício de observação (e comunicação) dos fenômenos vivenciados, possibilitando tanto o envolvimento com a atividade, como o desenvolvimento de competências que são importantes também para o aprendizado das ciências. Além disso, há diversos tipos de artes associadas ao mar e de modo específico também às marés, como pinturas em tela, fotografias, músicas, entre outras, que poderiam ser exploradas no ensino interdisciplinar de Física e de Astronomia com Artes.

A Olimpíada Brasileira de Astronomia (OBA) foi citada como uma fonte interessante para associação de marés com o Ensino Básico, tendo em vista que, segundo um dos docentes, ela contemplava em seu programa o tema das marés. Realmente, no site da OBA, quando procuramos identificar os conteúdos programáticos para as avaliações, o tema de marés aparece a partir do nível relacionado aos estudantes do 4º ano até (e inclusive) o Ensino Médio. No entanto, é importante mencionar que ao fazermos uma busca pela palavra “marés” nas últimas cinco avaliações anuais, não encontramos nenhuma questão explicitando diretamente esse termo. Uma análise mais ampla sobre as provas pode resultar em outros dados, em todo caso, verificamos que no acervo bibliográfico da OBA, no site, encontramos diversos links com material de Astronomia, e nesses sim, constava conteúdos de marés, embora não se tratasse de materiais produzidos pelos organizadores da Olimpíada. Não tivemos tempo hábil para uma análise das referências, mas é interessante disponibilizarmos essa informação aos professores, numa próxima versão de nosso Produto.

Uma consideração feita por um dos docentes dizia respeito a um momento do segundo capítulo do produto, quando apresentamos algumas das teorias que surgiram ao longo da história para as explicações de marés. Um dos professores nos alertou para um anacronismo que cometemos em uma determinada passagem, que havia passado despercebido por nós, na construção do texto. O docente abriu também algumas reflexões importantes sobre a discussão acerca da teoria newtoniana das marés e seu caráter mecanicista ou não mecanicista que trazíamos rapidamente em determinado momento, no material.

Um dos docentes apontou, e teve sua fala reforçada por outro, um trecho de nossa explicação para a Teoria do Equilíbrio no Módulo, que involuntariamente sugeria ao leitor que era fácil perceber o achatamento das águas na direção da Lua criando os dois bojos, quando não é nada intuitivo que a gravidade, como força atrativa, produza um bojo de água que se afasta do corpo que exerce essa atração. De fato, sabemos que a ideia da formação dos dois bojos (um mais próximo e outro mais afastado da Lua) é algo extremamente contra intuitivo, e que causa algumas das dificuldades de aprendizagem sobre marés relatada na literatura, conforme mencionamos anteriormente em nossa dissertação. Com a consideração feita pelos dois professores, o trecho indicado foi revisto de modo a não suscitar a ideia equivocada de que seria fácil a compreensão dos bojos.

Três dos professores foram enfáticos em alguns aspectos. Um desses aspectos foi quanto à necessidade de incorporarmos mais figuras ilustrativas para um melhor entendimento de algumas teorias apresentadas na subseção Explicações sobre marés na História da Ciência.

Outro aspecto semelhante, esse, unânime para o grupo, foi relativo à necessidade do texto contemplar alguns dos desenhos desenvolvidos pelos alunos na pesquisa que desenvolvemos nas escolas do RN. No produto, de fato, não havíamos colocado nenhum dos desenhos, mas, assim como foi feito em relação à demanda das ilustrações das teorias, eles foram incorporados na versão final do trabalho, que se encontra no Apêndice B. Outros detalhes pontuados também foram considerados na revisão do material.

Quanto às manifestações positivas sobre o produto, havíamos tido, antes mesmo da reunião, o retorno muito positivo de um dos professores, o qual, durante a leitura fez um contato agradecendo enfaticamente a oportunidade de ler o trabalho, referindo-se ao mesmo de forma bastante elogiosa, o que muito nos motivou. Durante a reunião, esse professor, além de participar do levantamento de pontos relevantes para melhorar o Produto reafirmou essa fala e

a importância que o material teria numa iniciativa para ele inserir o ensino sobre marés com sua turma.

Podemos afirmar que, as falas dos professores ao fazerem a avaliação do material em si foram bem positivas. Três deles sinalizaram a leitura do material como um texto agradável, que se dá de maneira muito fluida. Um deles expressou ter tido sua curiosidade bastante aguçada pelas teorias da história da ciência ligadas às marés, abordadas no texto; mesmo tendo já estudado o tema das marés na Universidade, tais teorias, antes, eram desconhecidas por ele. A dimensão interdisciplinar do tema das marés em particular seu potencial de articulação com a biologia, suscitada no material, também foi ressaltada por um dos professores, que disse não ter atentado para isso, anteriormente.

Todos os professores foram enfáticos ao reconhecer a pertinência e necessidade da inserção do tema das marés no ensino de Física na Educação Básica, discutindo inclusive momentos do currículo em que poderia ser feita essa inserção, tais como no percentual de carga horária para conteúdos de importância local e regional, em cidades litorâneas, ou nas disciplinas eletivas que tem feito parte das escolas com ensino de tempo integral.

Três professores ressaltaram que o texto tem muito a contribuir no incentivo e apoio a professores de Física na inserção da temática em suas aulas, bem como na provocação para o aprofundamento sobre as dimensões ali abordadas no texto. Esperamos, assim, que estas venham a ser contribuições efetivas do material *Por Dentro das Marés*.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Desde aquela simples percepção do avanço do mar, que nos impede, por vezes, de ficar na faixa de areia da praia realizando qualquer atividade que seja à beira mar, até o entendimento de por que o fenômeno das marés acontece, há um percurso que demanda muito tempo e dedicação.

Percebemos, ao buscarmos percorrer esse percurso, o quanto a compreensão do fenômeno das marés envolve uma complexidade de fatores. Mas consideramos que a compreensão de sua origem gravitacional relacionada à Astronomia, ainda que não se trate de algo óbvio, é viável de ser buscado no Ensino Médio.

Os estudos que desenvolvemos ao longo da dissertação relacionados às teorias que surgiram ao longo da história ampliaram nossa visão sobre o fenômeno de marés. E assim, tivemos uma visão mais detalhada das marés, que apesar de sua origem relacionada à Astronomia, também as particularidades geográficas de cada lugar determinam suas características.

Ampliamos nossa compreensão também, quanto ao entendimento que os alunos apresentam sobre as marés, a partir da nossa pesquisa em duas escolas do RN. O objetivo inicial era ampliarmos essa pesquisa para uma terceira escola, que estivesse bem próxima ao mar, mas fomos impedidos devido à pandemia do novo coronavírus paralisar inúmeras atividades, inclusive nas escolas. Gostaríamos ainda de ter desenvolvido entrevistas complementares aos questionários, com o intuito de esclarecer melhor algumas respostas dos estudantes. Deixamos claro que no futuro pretendemos dar continuidade ao inicialmente programado, seja num artigo ou futuro doutorado.

Esperamos que nosso produto, desenvolvido ao longo do mestrado, possa servir de inspiração para o professor e que este possa ser instigado a levar seus alunos a perceberem, refletirem e aprenderem sobre as marés, sobre como elas se relacionam com o meio em que vivemos. Visualizamos isso certamente para aquele estudante residente em regiões costeiras, mas também para o que está mais distante do litoral para que venha a alcançar uma percepção global do nosso planeta, e se veja como um cidadão do mundo.

A compreensão desse fenômeno pode ajudar na inserção do Ensino da Astronomia na Educação Básica, o que infelizmente ainda não ocorre com a frequência que gostaríamos. É do nosso conhecimento que as escolas estão cada vez mais aderindo aos turnos integrais de aula,

os quais possibilitam lançarmos mão das disciplinas eletivas para esse fim. Inclusive, um dos professores avaliadores do nosso produto relatou já ter tido experiências de ensino numa dessas disciplinas, as quais são planejadas e desenvolvidas pelos próprios docentes, podendo abordar temas diversos, como a Astronomia.

Não realizamos uma pesquisa relacionada aos livros didáticos por não haver tempo hábil, durante o desenvolvimento do nosso projeto. No entanto, não encontramos nenhum trabalho que tenha explorado esse aspecto, sendo esta uma lacuna que pode dar origem a novas pesquisas.

A vivência, junto à reflexão sobre a importância das marés, devem ser incentivadas sempre que possível. A contemplação do mar, ao passar de algumas horas, em uma aula de campo na praia, poderá propiciar um momento significativo e de muito aprendizado.

A partir dos conhecimentos, sugestões e práticas que propomos com nosso produto educacional, esperamos que o professor se sinta mais preparado e instigado a investigar com seus alunos o incrível fenômeno das marés.

REFERÊNCIAS

- ALVES, J. R. P. (Org.). **Manguezais: Educar para Proteger**. Rio de Janeiro: Fundação de Estudos do Mar: SEMADS, 2001.
- BAPTISTA, C. M. F.; LAWALL, I. T.; CLEMENT Luiz. Significados produzidos por estudantes do Ensino Médio sobre fenômeno das marés em aulas investigativas. **Revista Electrónica De Investigación En Educación En Ciencias**, Argentina, 15º ano, n.1, p. 33-49, julho de 2020.
- BARDIN, Laurence. **Análise do conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2011.
- BISCH, Sérgio Mascarello. Uma proposta de ensino problematizadora e dialógica sobre o sistema Sol-Terra-Lua. In: **Simpósio Nacional de Educação em Astronomia**, 4., 2016, Goiânia-GO. Disponível em: https://www.sab-astro.org.br/wp-content/uploads/2018/04/SNEA2016_TCO23.pdf. Acesso em: 30 dez. 2020.
- BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**. Educação é a Base. Brasília, 2018. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf>. Acesso em: 30 dez. 2020.
- CAMARGO, R.; HARARI, J. Marés. In: CASTELO, J. P.; KRUG, L. C. (Org.). **Introdução às Ciências do Mar**. Pelotas: Editora Textos, 2015. p. 226-255.
- CASE, J. **Understanding Tides**—From Ancient Beliefs to Present-day Solutions to the Laplace Equations SIAM News: Volume 33, Number 2, March 2000.
- CORNELL, Joseph. **Alegria de aprender com a Natureza**: 1. ed. São Paulo: Melhoramentos, 1997.
- CORROCHANO, D.; GÓMEZ-GOONÇALVES, A. (Universidad de Salamanca, Espanha); SEVILLA, J. (Universidad de Olviendo, Espanha); PAMPÍM-GARCÍA, S. (IES Galileo, Valladolid, Espanha). Ideas de estudiantes de instituto y universidad acerca del significado y el origen de las mareas. In: **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias**, p. 353–366, 2017.
- EKMAN, Martin. A concise History of Theories of Tides, Precesiion-Nutatuion and Polar Mortion (from antiquity to 1950). **National Land Survey, Division of Geodetic Research**, Guvle, Suécia, n. 14, p. 518-617, Maio de 1993.
- FERNÁNDEZ, D.C.; GÓMEZ-GOLÇALVEZ, A.; MELO, L. V.; (Universidad de Salamanca); ÁLVAREZ, Juan Sevilla (Universidad de Oviedo). Concepciones Alternativas de Futuros Maestros sobre La Naturaleza de Las Mareas. In: **X Congreso Internacional Sobre Investigación en Didáctica de Las Ciencias**, 10., 2017, Sevilla.
- FRANCIS J.; MWINUKA S.; RICHMOND, M. **A Schoolteacher’s Guide to Marine Environmental Education in the Eastern African Region**. UNEP/FAO. 1999.

HUTCHISON, David. **Educação ecológica, ideias sobre consciência ambiental**: 1. ed. Porto Alegre: Artmed, 2000.

JAFELICE, Luís Carlos. Abordagem Antropológica: educação ambiental e astronômica desde uma perspectiva intercultural. In: **Astronomia, Educação e Cultura: Abordagens transdisciplinares para vários níveis de ensino**. Natal, RN: EDURN, 2010. P 213-262.

JESUS, Antônio Marcos. **Concepções apresentadas por estudantes do Ensino Médio da Baía de Camamu e de São Miguel das Matas com relação ao fenômeno das marés** / Marcos Antônio Jesus. – Feira de Santana, BA: UEFS, 2018.

MARICONDA, P. R. **Galileu e a teoria das marés**: Departamento de filosofia da Universidade de São Paulo. Caderno História Filosofia Ciência, série 3, v. 9, n.1- 2, p. 33-71, 1999.

MARMER, H. A. Problems of Tides. **The Scientific Monthly**, Vol. 14, No. 3 (Mar., 1922), pp. 209-222.

_____. “On Cotidal Maps.” **Geographical Review**, vol. 18, no. 1, 1928, pp. 129–143. JSTOR, www.jstor.org/stable/208766. Acesso em: 30 de set. 2020.

McCULLY, James. **Beyond the Moon: A Conversational, Common Sense Guide to Understanding the Tides**: 1. ed.: World Scientific Publishing Company, 2006.

OLIVEIRA FILHO, K. S.; SARAIVA, Maria de Fátima Oliveira. **Astronomia & Astrofísica**. 3. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2014. v. 1.

_____. **Astronomia & Astrofísica**. [2020]. Disponível em: <<http://astro.if.ufrgs.br/fordif/node6.htm#SECTION00123000000000000000000000000000>>. Acesso em: 30 dez. 2020.

REZENDE, Priscilla Lima. **A lua e o comportamento das marés** / Priscilla Lima Rezende. – Ilhéus, BA: UESC, 2017. 73f. : il.

SANTOS, Maria Luiza dos. **Tópicos de astronomia no Ensino de Física: o estudo das marés oceânicas direcionadas à aprendizagem significativa**. / Maria Luiza dos Santos Neta – São Paulo: Universidade Cruzeiro do Sul, 2017.

SILVA, Francisco Paiva da Silva. **O Fenômeno das Marés: gravitação e astronomia numa proposta potencialmente significativa para o Ensino Médio**. / Francisco Paiva da Silva - Vitória: UFES / DFIS, 2015.

SILVA, K. M. E.; AMARAL, E. M. R.; OLIVEIRA, M. A. B. Maré, mangue ou manguezal: uma análise de concepções de estudantes no Ensino Fundamental. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**. Vol. 12, Nº 2, 2012. p. 151-171.

SILVEIRA, L.F. Marés, Fases principais da Lua e bebês. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v.20, n. 1: p.10-29, ABR. 2003. Disponível em: https://www.if.ufrgs.br/~lang/Textos/Fases_da_Lua_bebes.pdf. Acesso em: 30 dez. 2020.

- SOARES, Rafael Guedes. **O Estudo Das Marés Em Uma Sequência Didática Investigativa Para O Ensino Médio** / Rafael Guedes Soares. – Rio de Janeiro: UFRJ, 2019.
- SZYMANSKI, Heloisa (org.), ALMEIDA, L. A. de; REGO, R. C. de A. **A entrevista na educação: a prática reflexiva**. 2 ed. Brasília: Liber Livro Editora, 2008.
- VALENTIN, J. V.; MUELBERT, J. H.. Ambientes Marinhos. In: CASTELO, J. P.; KRUG, L. C. (Org.). **Introdução às Ciências do Mar**. Pelotas: Editora Textos, 2015. p. 314-380.
- VIIRI, J. Students' understanding of tides. **Physics Education**. Grã-Bretanha, p. 105-110, 2000.
- ZILBERG, C. et al. **Conhecendo Recifes Brasileiros: Rede de Pesquisas Coral Vivo**. Rio de Janeiro: Museu Nacional, UFRJ 2016.

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO UTILIZADO PARA LEVANTAMENTO DAS IDEIAS QUE OS ALUNOS APRESENTAM SOBRE MARÉS



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO
NORTE
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO
DE CIÊNCIAS NATURAIS E MATEMÁTICA



Olá, tudo bem?! As questões abaixo foram elaboradas por **João Henrique de Souza Dantas**, mestrando do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais e Matemática (PPGECNM) do Centro de Ciências Exatas e da Terra da UFRN, e seus orientadores, professores **Auta Stella de Medeiros Germano** e **Néstor Eduardo Camino**. Elas fazem parte de uma pesquisa de mestrado que visa contribuir com melhorias para o Ensino de Física na Educação Básica. Caso você concorde em participar de nossa pesquisa, informamos que as respostas às questões e a análise delas poderão ser utilizadas em futuros artigos e/ou dissertação, ou ainda na produção de materiais de ensino. Contudo, asseguramos que não haverá identificação de nenhum participante, individualmente, nessas publicações. Suas respostas serão muito bem-vindas e serão muito importantes para nós. Agradecemos desde já sua participação!

Escola: _____ Data: ___/___/___

Série: ___ Ensino Médio () Ensino Fundamental () Bairro em que reside: _____

Idade: ___ anos. Nome (opcional): _____

Contato e-mail (opcional): _____ Whats app/celular (opcional): _____

Sexo: () Masculino () Feminino () Outro () Prefiro não responder

Refletindo sobre as Marés

1. Quando foi a última vez em que você foi à praia?
2. Que praia foi?
3. Comente um pouco sobre o que lhe motivou a ir e que tipo de atividades realizou lá.

4. Com que frequência você costuma ir à praia?
 Toda semana Uma vez ao mês Pelo menos uma vez a cada 3 meses
 Uma vez ao ano Raramente Outro: _____
5. O que você gosta de fazer quando vai lá?

6. Há algum fenômeno no céu, ou algum aspecto ligado aos astros, que você costuma prestar atenção quando vai à praia? Se sim, qual ou quais?

7. Há algum fenômeno ou fenômenos relacionados especificamente com a água, que você costuma observar na praia? Se sim, qual ou quais?
8. Você já ouviu falar em marés? Se sim, o que você acha que são?
9. Você já vivenciou alguma situação mais significativa envolvendo as marés? Se sim, poderia compartilhar brevemente como foi, e em que local?
10. Que coisas ou objetos do nosso entorno natural você acha que seriam responsáveis por causar as marés?
11. Faça um desenho ilustrando sua ideia sobre por que as marés acontecem. Utilize também legendas para ajudar a expor seu pensamento.
12. Se essas coisas ou objetos do nosso entorno natural não existissem, como seriam as marés na Terra?
13. Você saberia dizer, mais ou menos, quanto tempo leva para a maré encher?
14. Quantas marés altas ocorrem em um dia?
15. Você acha que as marés altas têm a mesma intensidade, durante o mês?
16. Qual seria a razão para isso?
17. Você acha que as marés altas têm a mesma intensidade, durante o ano?
18. Qual seria a razão para isso?
19. Em que aspectos do seu dia-a-dia você acha que as marés são importantes?

20. Você acha ou já ouviu falar se esse fenômeno afeta outras pessoas, outros seres vivos, ou aspectos relevantes do ambiente? Comente sobre isso.

21. Que coisas lhe geram curiosidade, e/ou você gostaria de ver discutidas numa aula ou num programa de TV, por exemplo, sobre esse tema?

APÊNDICE B - POR DENTRO DAS MARÉS



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE
CIÊNCIAS NATURAIS E MATEMÁTICA



Por Dentro das Marés

João Henrique de Souza Dantas

Auta Stella de Medeiros Germano

Néstor Eduardo Camino

Natal/RN

2020

Apresentação

Olá, colega professor(a) ou futuro(a) professor(a)!

Este material compõe um produto educacional desenvolvido em uma pesquisa de mestrado profissional realizado no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais e Matemática (PPGECNM) da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN).

Ele tem como objetivo colaborar no ensino de um fenômeno astronômico que está associado aos nossos queridos oceanos. Pode ser que para algumas pessoas não haja nada de astronômico nele, tendo em vista que é um fenômeno que ocorre tão próximo a nós. Estamos falando das marés.

Este fenômeno relaciona-se a diversos fatores. Nós, seres humanos, nos beneficiamos das riquezas dos oceanos de várias formas, como a pesca, locomoção em embarcações, exploração de recursos minerais, e ainda como um ambiente de lazer e prática de esportes. Todas essas atividades estão sujeitas ao fenômeno das marés. Contudo, elas não influenciam apenas as atividades relacionadas a nós, mas os ecossistemas marinhos em geral, principalmente na faixa costeira dos oceanos. Nos mangues, recifes de corais, nas desovas das tartarugas e nos comportamentos de diversos animais que têm a praia como seu habitat natural, as marés são de fundamental importância. Percebemos, assim, um forte potencial interdisciplinar no ensino das marés para a Educação Básica.

A origem desse trabalho se deu pela nossa percepção de que, apesar de ser um fenômeno tão relevante para o nosso planeta, o ensino das marés, via de regra não é explorado durante a Educação Básica. Em comum a alguns colegas professores, só tivemos estudos sistematizados sobre marés no Ensino Superior.

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) é o principal documento atual que direciona o currículo da Educação Básica no Brasil. Lá, não há nenhuma menção específica para as marés, no entanto, na seção do Ensino de Ciências para o Ensino Médio, um dos grandes temas usados para indicar os conteúdos da área, denominado Vida, Terra e Cosmos, aponta, como parte destes, o estudo da dinâmica dos astros presentes no “Cosmos, bem como a dinâmica das suas interações, e a diversidade dos seres vivos e sua relação com o ambiente” (BRASIL, 2018, p. 549). Com isso, apesar da ausência de referência mais específica ao estudo das marés naquele texto, vemos aí a possibilidade de exploração do fenômeno, no que se refere às causas astronômicas dele.

Nessa perspectiva, apresentamos, aqui, alguns conhecimentos que, acreditamos, poderão lhe auxiliar na produção de uma aula, uma sequência didática, ou um projeto em sua escola, através do qual você possa explorar com seus alunos esse fenômeno tão instigante que acontece com as águas dos oceanos.

As marés afetam mais diretamente as cidades litorâneas, logo, os colegas que trabalham em escolas situadas nessas cidades estarão apresentando e problematizando algo até certo ponto familiar aos seus alunos, ao propiciar a eles o estudo desse tema. Como sabemos, a compreensão atual deste fenômeno faz uso do conceito de força gravitacional, tão frequente nas aulas de Física ao longo do Ensino Médio. Porém, mesmo para quem reside distante do litoral e não é tão familiarizado com praias, ao estudar o conceito de gravitação, pode aprender sobre as marés como uma consequência desse tipo de interação envolvendo nosso planeta, a Lua e o Sol.

Acreditamos que este material poderá lhe ajudar a se inteirar da importância desse fenômeno para alguns aspectos relacionados à nossa sociedade e para alguns fatores ligados ao meio ambiente, aos quais as marés estão diretamente associadas.

Iremos recorrer a algumas discussões históricas sobre as principais teorias produzidas para explicar as marés, e mais especificamente, sobre a Teoria do Equilíbrio, desenvolvida principalmente por Isaac Newton. Veremos que essa teoria consegue explicar a causa astronômica das marés e alguns aspectos do fenômeno utilizando conhecimentos que você costuma trabalhar com os seus alunos do Ensino Médio.

Apresentaremos também os resultados de uma pesquisa que desenvolvemos em duas escolas do estado do Rio Grande do Norte, na qual buscamos obter uma mostra sobre o que os alunos do Ensino Médio pensam sobre as marés e suas causas, previamente ao estudo do tema. Dialogando com textos que encontramos na literatura, compartilharemos com vocês alguns dos resultados encontrados nesta pesquisa, na expectativa de que a discussão sobre eles possa lhe deixar atento à compreensão prévia que os alunos podem trazer sobre o fenômeno, o que pode lhe sugerir ênfases a dar no ensino sobre o mesmo, além de lhe estimular e embasar para fazer o seu próprio levantamento das ideias de seus alunos.

Por fim, iremos levantar algumas sugestões de bibliografias que poderão servir de apoio para seu aprofundamento sobre as marés, bem como de recursos didáticos e ideias de que você poderá fazer uso em seu envolvimento com o ensino do tema. Indicaremos alguns livros e artigos, utilizados, inclusive, para a preparação deste material, link com simulador on-line de marés, vídeos e propostas de atividades práticas, algumas delas para serem desenvolvidas, se possível, numa bela praia.

Esperamos que nosso texto venha a lhe incentivar a discutir junto aos seus alunos o fenômeno das marés e a relação dele com a Astronomia e a Física, mas também a relação que há com outras ciências. Por isso, talvez você possa indicar esse material para seus colegas professores de outras áreas, a fim de reverberar a importância do estudo das marés para os estudantes da Educação Básica em perspectivas interdisciplinares diversas.

Sumário

1 A importância das marés no ensino de Física e Astronomia	4
2 A física das marés	8
2.1 Explicações sobre marés na História da Ciência.....	8
2.2 A Teoria do Equilíbrio.....	16
3 O que os alunos pensam sobre marés	25
4 Sugestões para o ensino de marés	34
Referências	41

1 A importância das marés para o ensino de Física e Astronomia

Pensando nas marés, o que pode vir à sua cabeça como primeira lembrança ou associação? Quando criança, você pode já ter construído um castelinho de areia distante das ondas, mas após algum tempo, ter percebido que elas começavam a chegar cada vez mais perto? Ou talvez você já tenha ido à praia e quando lá chegou, percebeu que não podia ficar na areia, pois a maré estava cheia e, inclusive, não havia nenhuma barraca montada. Comumente o avanço das marés pode cessar a prática de algum esporte na praia. Mesmo que você nunca tenha ido à praia, talvez já tenha presenciado cenas em fotos ou vídeos e possa ter imaginado como seria estar ali.

O fenômeno das marés, essa oscilação diária do nível da água do mar, pode chamar a atenção por diversas interferências que pode causar na ida das pessoas à praia. Mas além de afetar um simples futebol de areia num domingo, destruir o castelinho de areia da criança, ou interromper a venda de ambulantes na praia, as marés estão relacionadas também com outras situações que nos afetam, e a outros seres vivos.

Imaginemos por exemplo, os estuários, locais onde os rios desembocam no mar. Estes são diretamente afetados pelas marés. Elas renovam ciclicamente essa região trazendo para a terra, na maré alta, e levando para o mar, no abaixamento da maré, materiais orgânicos e sedimentos que são essenciais aos animais marinhos (VALENTIM, MUELBERT, 2015). E se estivermos numa região intertropical, como a maior parte do Brasil, podemos encontrar um fantástico ecossistema aos arredores dos estuários, o manguezal (Figura 1).

Os seres vivos desse ecossistema também estão adaptados às variações das marés, as quais atuam, ainda, na disseminação das sementes flutuantes das árvores dessas regiões (ALVES, 2001). É nas regiões de mangues, por exemplo, onde várias espécies marinhas se reproduzem, devido à facilidade de proteção contra predadores e à abundância de matéria orgânica; por isso mesmo, os mangues constituem um excelente berçário da vida marinha.

Ainda analisando a importância das marés no meio marinho, que são várias, podemos comentar sobre os recifes de corais. Recifes coralíneos abrigam diversos tipos de seres vivos. Os corais são como as florestas do mar. Todos os seres que vivem ali dependem da variação cíclica de água provocada pelas marés, para poderem se alimentar (ZILBERG *et al*, 2016). Numa subida

Figura 1: Visão de uma área de mangue.



Fonte: ALVES, 2001.

de maré, uma região que antes estava seca pode ser reabastecida com água e nutrientes e com isso os animais daquele local ou de áreas próximas passam a dispor de alimentos.

Agora voltemos a pensar sobre as atividades que nós, como humanos, desenvolvemos, e que estão relacionadas ao ritmo das marés. Você pode concordar que o mar é fonte de renda para várias pessoas ao redor do mundo, e a pesca, de peixes e crustáceos, é uma dessas formas de “se viver” do mar, correto? Essas pessoas precisam ter um conhecimento muito específico da região em que desenvolvem suas atividades para não serem surpreendidas pela mudança da maré. Uma maré cheia pode propiciar um maior volume de peixes e a possibilidade de um barco zarpar sem tantos problemas, de um local da praia ou de um porto. O mesmo pode-se dizer para o retorno dessas embarcações. Caso o pescador retorne do mar numa maré baixa, poderá ter sua embarcação encalhada na areia, trazendo um enorme transtorno e prejuízo.

Já as pessoas que pescam “mariscos”, nomenclatura generalizada para vários frutos do mar, têm seu trabalho mais facilitado em épocas de marés mais baixas (Francis, et al, 1999), quando eles ficam mais visíveis nos recifes em que se encontram.

As grandes cidades litorâneas possuem portos para o comércio marítimo há centenas de anos, não é mesmo? As embarcações com pessoas, ou mercadorias, precisam se comunicar com os controladores dos portos para saberem das condições de marés nos momentos de chegada ou de partida. Pelos mesmos cuidados observados pelos pescadores, mencionados anteriormente. É por isso que cada porto deve ter uma tábua de marés, que informe com precisão as marés daquele dia, naquele local. A Marinha Brasileira, a partir de marégrafos, máquinas que medem as variações das marés, detalha e prevê as alturas mais baixas e mais altas da água do mar e seus respectivos horários, organizando esses dados, em seu site⁴, em tabelas (tábuas) com informações para todos os dias do ano, para os principais portos brasileiros. São essas tábuas que auxiliam as pessoas a se informarem e se programarem para suas idas à praia, de acordo com seus interesses e motivações.

Para as pessoas mais desavisadas, as marés inclusive podem “levar” alguns pertences, caso a pessoa acabe cochilando na areia e acorde pelo avanço das águas. Não é incomum na praia de Atalaia, em Salinópolis (Figura 2), no litoral do Pará, que carros acabem alcançados pela maré, causando prejuízos aos proprietários desatentos. Concordemos que lugar de carro não é na praia, não é mesmo?!

⁴ As alturas das marés do ano de 2020 podem ser checados através do site da Marinha do Brasil. Disponível em: <<https://www.marinha.mil.br/chm/dados-do-segnav-publicacoes/tabuas-das-mares>>. Acesso em: 30 dez. 2020.

Figura 2: Praia de Atalaia, Salinas/PA.

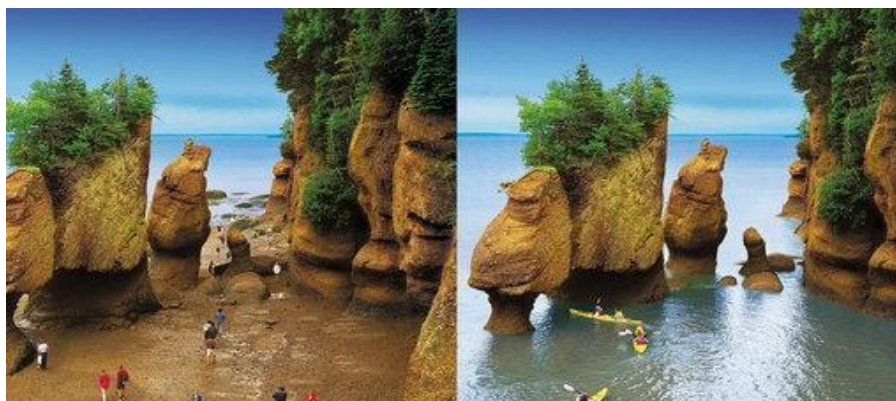


Fonte: Maré leva carros de luxo após moradores furarem quarentena no Pará. Disponível em: < <https://www.bol.uol.com.br/noticias/2020/07/27/mare-leva-carros-de-luxo-apos-moradores-furarem-quarentena-em-belem.htm> > Acesso em: 30 dez. 2020.

Também, não raro, temos notícias de construções que acabam sendo destruídas por uma maré alta combinada a fatores climáticos, como ocorre nas ressacas do mar que produzem ondulações mais intensas que o normal. Esta combinação pode destruir calçadões e prédios, daí a importância de se conhecer bem a costa litorânea próxima à qual se deseje construir algo.

É interessante perceber que cada local possui um regime de marés muito específico. Em alguns lugares, o nível mais baixo das águas do mar pode revelar um ambiente completamente diferente, possibilitando a exploração de regiões que ficam inacessíveis durante a maré cheia. A variação diária entre o nível mais baixo e o nível mais alto da água do mar num dado local pode ser de alguns centímetros, sendo quase imperceptível nesses casos, até 16 metros como acontece na Baía de Fundy no Canadá, uma das maiores marés do mundo (Figura 3).

Figura 3: Região da Baía de Fundy na maré baixa (à esquerda) e na maré alta (direita).



Fonte: Descobrindo New Brunswick-Bay of Fundy/Baía de Fundy. Disponível em: < <https://www.deboanomundo.com/post/blogujte-ze-sv%C3%A9ho-zve%C5%99ejn%C4%9Bn%C3%A9ho-webu-a-z-mobilu> >. Acesso em: 30 dez. 2020.

Outros vários fenômenos e questões socioambientais estão relacionados às marés. Acredito que alguns colegas podem ter pensado, por exemplo, na famosa Pororoca, que é uma onda que, em certos períodos do ano, de acordo com as marés, viaja ao longo de rios da região

Norte do Brasil. Talvez você esteja se lembrando que existe produção de energia elétrica através do aproveitamento das marés, da chamada energia das marés ou energia maremotriz. Ou então, num exemplo mais cruel, de celas de antigos fortes que se enchem com a água do mar na maré cheia, e ainda assim eram usadas para prisioneiros, como no Forte dos Reis Magos em Natal/RN.

A lista de fatores relacionados às marés é bem vasta e a exploração desse fenômeno tem um elevado potencial interdisciplinar que você poderá considerar importante abordar em suas futuras aulas de Física, e que poderão conversar com a Astronomia, em particular, e ainda com a Biologia, a Geografia e a Matemática, entre outras possibilidades de articulações entre disciplinas e áreas, inclusive com aquelas áreas que envolvam mais diretamente a sensibilização e expressão estética sobre os fenômenos, como artes e literatura, por exemplo.

2 A física das marés

Para explorar com seus alunos a explicação sobre o que origina as marés, é interessante conhecer um pouco sobre algumas das teorias desenvolvidas na história da ciência, de que temos conhecimento, acerca do fenômeno. Algumas das ideias que discutiremos aqui, podem inclusive apresentar semelhanças com as ideias que os seus estudantes podem ter sobre as marés, de modo que conhecer os questionamentos abordados ao longo da história da ciência pode contribuir para você problematizar aspectos das marés e das ideias que os alunos trazem sobre elas.

As teorias e ideias que apresentamos a seguir usam como base principalmente os textos de história da ciência de Marmer (1922, 1928), Ekman (1993), Mariconda (1999), Case (2000) e McCully (2006), sendo um extrato de outras teorias levantadas por esses autores. Procuramos, em nossa seleção, registrar o que consideramos alguns dos principais passos na construção da compreensão atual das marés, contemplando, inclusive, algumas das principais controvérsias envolvidas nesse processo.

2.1 Explicações sobre marés na História da Ciência

Um dos primeiros registros históricos que tinha como objetivo compartilhar observações sobre como as marés acontecem vem do grego Phyteas de Massália (aproximadamente 350-285 a.C.), o qual, de acordo com Marmer (1922) e Ekman (1993), por volta do ano 330 a.C., numa viagem às Ilhas Britânicas percebeu que o nível da altura do mar varia consideravelmente com o passar das horas, o que ele não percebera antes, no Mar Mediterrâneo, onde as marés eram praticamente imperceptíveis.

Em local distante das Ilhas Britânicas, numa época próxima e ainda anterior à de Phyteas, biógrafos de Alexandre, O Grande (356-323 a.C.), relatam que o imperador da Macedônia e seu exército, em 325 a.C., foram surpreendidos por um aumento muito significativo do nível do mar em poucas horas. Isso teria ocorrido numa região próxima ao hoje chamado Rio Indu, no Paquistão, como relatam Mariconda (1999) e McCully (2006). Até então, Alexandre e sua tropa desconheciam tal fenômeno, pois também residiam em locais onde as marés eram imperceptíveis; historiadores destacam que inclusive o tutor de Alexandre, o famoso Aristóteles (385-323 a.C.), também nunca havia sequer comentado isso com ele.

Phyteas, em sua viagem, constatou que as marés daquele lugar onde chegara subiam e desciam duas vezes ao dia e que elas eram mais perceptíveis em épocas de lua cheia e lua nova. Então, segundo ele, as marés estavam, de alguma maneira relacionadas à Lua.

Desde a antiguidade, então, as observações relatam que na maioria dos lugares há duas marés altas e duas baixas durante um dia, com um atraso perceptível, de um dia para outro, no horário em que ocorriam. E ainda, notou-se que as marés tinham amplitudes (diferença entre o

nível da água na maré alta e o nível médio do mar para determinado local) distintas ao longo de um mês, sendo maiores durante as fases cheia e nova da Lua, constituindo o que conhecemos como marés de Sízígia ou marés vivas. Da mesma forma, notou-se que as menores amplitudes acontecem nos períodos lunares de quarto crescente e quarto minguante, e as marés desse período são conhecidas como marés de Quadratura ou marés mortas.

A maioria das observações e estudos que se desenvolveram ao longo da história relacionava as marés à mudança de posição da Lua no céu, e posteriormente, também do Sol, quando associaram as diferentes fases da Lua a marés de intensidades variáveis. Entretanto, a maneira que esses astros causavam isso foi um problema por muitos séculos.

Houve outras teorias e propostas de causas para as marés que não as relacionavam diretamente à Lua. Por exemplo, alguns estudiosos ditos “animistas”, comparavam a Terra a um organismo e a variação de altura das águas do oceano à respiração do planeta. Outros, ainda, viam as marés como as pulsações do “sangue” da Terra, o qual era representado pelas águas.

Outra teoria interessante surgiu ao norte da Europa, mais precisamente na costa norte de onde hoje chamamos de Noruega, por volta de 1100 d.C.. Relatava-se a existência de um grande turbilhão de águas ali, em forma de vórtices (redemoinhos). Tal fenômeno, chamado pelos nativos de Maelstrom, era considerado a causa das marés. Quando a maré estava baixa, isso significaria que parte da água do mar teria entrado neste redemoinho, e quando a maré estava alta, a água teria saído do vórtice.

Havia ainda teorias que estabeleciam relação entre os astros Lua e Sol e as marés, e que propunham hipóteses sobre a maneira como estes agiam sobre as águas do mar. O árabe Zakariya al Qaqwini (1203-1283), por exemplo, acreditava que de acordo com as variações de temperatura, as águas se dilatavam (marés altas) e se comprimiam (maré baixa), devido ao calor proveniente dos astros.

Como Mariconda (1999) ressalta, o interesse em entender como as marés acontecem ficou muito forte no período das grandes navegações, a partir do século XVI. Uma das teorias que surgem nesse período, e que não relaciona as marés à Lua, apresenta soluções e pontos de vista bastante diferentes, porém complementares, aos da teoria atualmente aceita para as causas das marés, mas que ilustram bem o esforço para a compreensão desse instigante fenômeno.

Galileu Galilei (1564-1642), na época já muito prestigiado, não aceitava que a Lua agisse sobre a Terra, assim causando as marés, mesmo que as observações e relatos de vários estudiosos desse fenômeno, até então, apontassem para essa relação das marés com a Lua. A exemplo do que podemos constatar hoje em conversas com pescadores, e do que registrou Pytheas em sua viagem, podemos dizer que aqueles que vivenciavam o mar de forma mais próxima atestavam o sincronismo entre o comportamento das marés e a posição da Lua no céu, e ainda, suas fases.

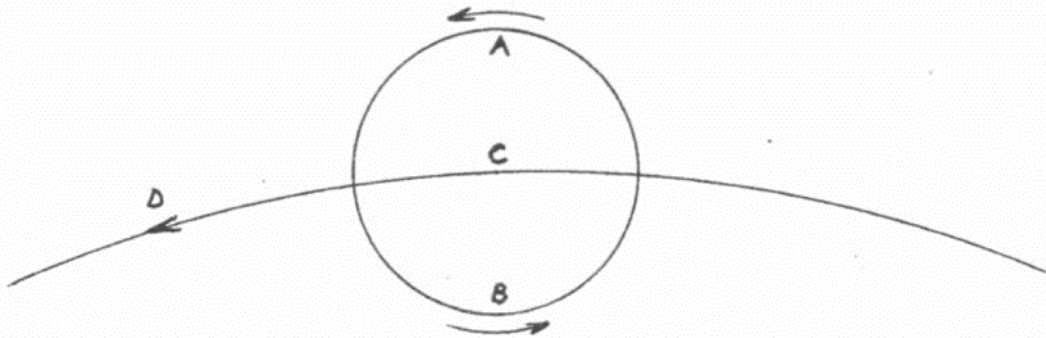
No entanto, Galileu, que tinha uma visão de mundo mais mecanicista considerava que essa possível relação entre a Lua e as águas dos nossos oceanos era mística, fantasiosa. Segundo Ekman (1993), Galileu ficou surpreso ao ter conhecimento que Johannes Kepler (1571-1630) acreditava que a Lua agisse de uma forma “oculta” sobre a Terra. Kepler, no entanto, inspirado no então recente trabalho sobre o campo magnético terrestre, de William Gilbert (1544-1603), acreditava nessa possibilidade de ação da Lua, e que talvez as marés fossem provocadas por algum tipo de magnetismo lunar.

Mas... você pode estar pensando: como então Galileu explicava as marés sem as relacionar com a Lua? E mais, por que ele ia contra o que a maioria das explicações, até então, tentavam contemplar em relação às observações conhecidas? Aparentemente, porque tais ideias eram contrárias ao seu pensamento mecanicista.

Pois bem, para Galileu, as marés eram resultantes dos movimentos de rotação e translação que a Terra executa. Conforme Mariconda (1999), ele propõe que a ocorrência das marés constituía uma prova da existência dos movimentos da Terra. Numa analogia interessante, ele relaciona as águas do oceano sobre o relevo do nosso planeta com as águas dentro de um vaso que se encontre num navio em movimento, acelerado. A Terra, então, é comparada a esse navio: assim como o vai e vem do navio faz a água do vaso ficar oscilando, os movimentos de rotação e translação do nosso planeta, combinados, provocariam elevações e abaixamentos das águas do mar, nas praias.

De acordo com o pensamento de Galileu, uma parte do nosso planeta, durante a rotação, tem o mesmo sentido que a translação do planeta em torno do Sol, já a outra parte, no lado oposto, tem sentido contrário, como ilustrado na Figura 4. Assim, as regiões do planeta no lado que se move no mesmo sentido da translação, aceleram-se, e as situadas do lado oposto, com movimento em sentido contrário ao da translação, se retardam, gerando assim, marés altas e marés baixas.

Figura 4: Ilustração representando a ideia de movimento da Terra para a geração das marés, segundo a teoria de Galileu.



Fonte: Mariconda, 1999.

Porém, como ele explicava o período diário das marés? Conforme observado na maioria dos lugares, duas marés altas (ou duas baixas) ocorrem a cada 12h e 25min, aproximadamente. Mas... imaginemos, por exemplo, um lado da Terra que esteja rotacionando no mesmo sentido da translação, num dado momento. Após 12h ele estará rotacionando em sentido oposto; e somente após 24h estará novamente se movendo no mesmo sentido, de modo que, ao considerarmos a combinação entre rotação e translação como causa das marés, duas marés de mesmo tipo só deveriam ocorrer aproximadamente no intervalo de 24h. Ou ainda, entre uma maré alta e uma baixa, previa-se o intervalo de 12h, ao invés de 6h, como observado.

Para entender como Galileu tentava escapar desse problema, é importante ter em mente que ele defendia que havia duas causas conjuntas para as marés. A primária, ligada à combinação dos movimentos de rotação e translação da Terra, que juntos eram responsáveis por produzir acelerações e retardamentos em partes da Terra, de acordo com o apontado anteriormente. A causa secundária estaria associada à “gravidade” das águas, que procuraria conduzi-las ao equilíbrio. Atreladas à causa secundária, haveria ainda as causas concomitantes que, nas palavras de Mariconda (1999), se constituem de:

[...] uma série de condições particulares, ditas causas concomitantes, que correspondem basicamente às condições locais em que se realiza a propagação da ‘onda’ produzida pela causa primária: profundidade do recipiente, tamanho e orientação do recipiente, tipo de costa, etc (MARICONDA, 1999, p. 49).

Assim, considerando-se apenas a causa primária, seu modelo previa erroneamente, um período de 12 h entre uma maré alta e uma maré baixa, Galileu atribuía então às causas concomitantes a redução de período para aproximadamente 6 horas. Essa solução não era muito apreciada e esse era um dos problemas de seu modelo. Mas o papel das causas concomitantes para as marés será retomado posteriormente.

É importante ressaltar, ainda, que o modelo de Galileu enfrentava dificuldades para explicar o período mensal - a variação de amplitude das marés com as fases da Lua - e o período anual das marés. Para explicar variações das marés com períodos de um mês e do ano ele propunha soluções com base em combinações entre a rotação e a translação da Terra, levando-se em conta as posições da Terra e da Lua, conjuntamente, em relação ao Sol, ou, respectivamente, da inclinação da Terra em relação ao Sol; porém, as previsões de seu modelo esbarravam em contradições com os dados empíricos (MARICONDA, 1999).

Um aspecto valorizado por Mariconda (1999) é que a teoria galileana para as marés, apesar de não estar de acordo com várias observações ao redor do mundo, se preocupa em descrever as marés como um fenômeno dinâmico das águas. O foco nas causas concomitantes também estabelecia vários elementos locais como causas secundárias para as marés, o que

tendo em vista que o espaço ao redor da dela estava todo preenchido pela substância sutil, esse deslocamento comprimia também as águas de H, que se espalhavam na direção perpendicular à direção da Lua. Considerando a rotação da Terra, esse modelo de Descartes obtinha, em coerência com as observações, fluxo (maré alta) e refluxo (maré baixa) acontecendo duas vezes ao dia, em um mesmo lugar. Além disso, pelo movimento da Lua ao redor da Terra, conseguiu explicar o atraso diário de aproximadamente 50 minutos que uma maré alta, por exemplo, tem em relação ao dia anterior.

Para explicar as variações de marés ao longo de um mês, Descartes partia da ideia de que o céu da Terra tem uma forma oval, e ao longo do mês quando a Lua estivesse mais próxima do centro do vórtice da Terra, ela se moveria com maior velocidade, ocasionando marés mais intensas.

Esta teoria, apesar de ter sido dominante durante a segunda metade do século XVII, era contrária a algumas observações empíricas pois, pelo mecanismo que usava para explicar as marés, a passagem da Lua no meridiano de um lugar deveria produzir um momento de maré baixa, e, quando estivesse no horizonte do lugar, uma maré alta.

É importante ressaltar que, assim como Galileu, ele deu importância às condições locais dos lugares, como profundidade, presença de ilhas, desaguamento de rios, entre outros pontos, que estariam relacionado ao curso da maré.

Um curto período após as teorias de Galileu e Descartes, Isaac Newton (1642-1727) propõe, também, uma teoria de marés. Introduzindo o conceito de força gravitacional ao estudo das marés, oferece um “mecanismo” que esclarece a maneira, antes oculta, com que a Lua e o Sol produzem as marés na Terra, e demonstra qualitativamente a viabilidade dessa hipótese: supondo o planeta sem relevo, e todo rodeado de um único oceano, as diferentes intensidades da força gravitacional da Lua (ou igualmente, do Sol) sobre os diversos pontos da superfície da Terra levariam as águas do oceano a se distribuírem na forma de um esferoide, formando acúmulos ou bojos de água nos locais opostos da superfície da Terra que se situavam na mesma direção do astro que produzia as marés.

A Teoria do Equilíbrio, desenvolvida com base nos princípios apresentados por Newton será objeto de uma maior discussão, nossa, na seção 2.2, mas cabe antecipar que ela explica vários fatores observacionais, como o período diário das marés, e as diferentes amplitudes do fenômeno durante o mês e ao longo de um ano, num mesmo lugar. Além disso, sua aplicação permite calcular que a Lua é o principal astro causador das marés, contribuindo para produzir marés 2,2 vezes⁵, mais intensas que as produzidas pelo Sol.

⁵ Segundo Ekman (1993), os cálculos de Newton para essa razão resultavam em 4,5 vezes. Daniel Bernoulli (1700-1782) aprimorou para 2,5, e hoje, sabemos que esse valor é de 2,2.

No entanto, sua teoria, que abordava o problema como estático - ou seja, buscava a condição de equilíbrio para as águas dos oceanos na presença de outro astro - e que, como mencionado, modelava a Terra como um planeta de superfície completamente lisa e preenchida apenas de água, sem continentes, apresentava algumas limitações.

Particularmente, a teoria newtoniana não conseguia fazer uma predição efetiva dos valores de marés para as diversas localidades, as quais apresentavam características bem diferentes entre si. Além disso, as marés altas previstas por Newton teriam um valor máximo de apenas 1 metro na região da linha do Equador, decrescendo em direção aos polos, o que não é refletido nas observações. Mesmo diante de limitações para dar conta dessa diversidade de características das marés, no globo, esta teoria até hoje contribui para o entendimento das marés como um fenômeno de origem astronômica, associado a efeitos gravitacionais da Lua e do Sol sobre a Terra.

Nos séculos seguintes à teoria de Newton, o tratamento para esse fenômeno, segundo Marmer (1922), passou por uma substituição na concepção “do problema” das marés, passando-se lentamente a perceber que havia não um, mas vários problemas. Isto é, as marés de cada região possuem sua peculiaridade, e as explicações de suas características demandam identificar fatores específicos, apesar de todas estarem sujeitas, na sua origem, à gravitação proveniente da Lua e do Sol agindo diferenciadamente sobre a extensão do planeta.

Era necessário haver uma mudança no paradigma de resolução desses problemas, em busca de responder perguntas que ainda eram pertinentes. Um novo tratamento se deu quando as marés passaram a ser estudadas como o resultado de movimentos de um fluido (as águas do mar) sobre o globo, sob ação dos potenciais gravitacionais dos astros Lua e Sol.

A quebra desse paradigma ocorreu com a abordagem proposta por Pierre-Simon Laplace (1749-1827), no fim do século XVIII. Ele deduziu uma equação de onda para as marés, o que Ekman (1993) chama de “fórmula de Laplace para marés” e depois ficou conhecida como Teoria Dinâmica.

Nessa fórmula, propôs um conjunto de equações para o movimento de um fluido em 3 dimensões sobre um globo esférico (a Terra), fazendo uso: da equação de continuidade (conservação da massa para líquidos incompressíveis), da equação de movimento, de Newton aplicada ao fluido sobre a esfera, e da expressão da força da gravidade de Newton para indicar a ação do astro sobre o fluido, na equação de movimento. Porém, essa proposta para descrever e estudar as marés esbarrou nas dificuldades de cálculos para desenvolver predições, pelo fato de sua aplicação envolver muitas variáveis.

Apesar das dificuldades pertinentes a esse modelo, podemos dizer que a proposta de descrição e análise que Laplace apresentou, serviu de inspiração e fundamentação para os futuros estudos desse fenômeno.

Com o aumento de informações e dados observacionais em diversos portos por todo o mundo, cada vez mais estudos foram realizados para impulsionar os avanços nessa área. A partir desses dados, o inglês William Whewell (1794-1866), apresentou “um mapa do mundo no qual eram traçadas as chamadas linhas cotidais, isto é, linhas que uniam pontos nos quais a maré alta ocorriam ao mesmo tempo” (MARMER, 1922, p. 215). Ao construir essas linhas, unindo os pontos para os quais se tinha medidas das marés, Whewell interpretou e passou a defender que as linhas sugeriam que as marés altas pareciam progredir como uma onda, pelo globo, daí a nomenclatura Teoria da Onda Progressiva para sua proposição. Segundo o próprio Whewell, poderia ser que ele estivesse errado em traçar as linhas para todo o mundo, porém para aquela época poderia ser a forma mais simples para entender as marés (MARMER, 1922).

Apesar de haver muitos fatores plausíveis e diversos entusiastas ao redor do mundo para a Teoria da Onda Progressiva, ela apresentava algumas falhas quando submetida a longos períodos de análises em relação aos dados observáveis nos portos. Além disso, alguns pesquisadores acreditavam que, em determinados locais, as marés tinham sua particularidade, não obedecendo a progressão da onda proposta por Whewell.

Paralelo às novas teorias que se sucederam, a criação do marégrafo (Figura 6), uma máquina que mede a altura das marés com o passar do tempo, em 1872, por Lord Kelvin (1824-1907), foi um salto importantíssimo para os estudos e compreensão do fenômeno. O marégrafo tornou as medições mais assertivas, por ter uma certa automação, dispensando, assim, uma observação constante dos pesquisadores.

Figura 6: Desenho representativo de marégrafo criado por Lord Kelvin em 1872.



Fonte: McCully, 2006.

A teoria mais recente que temos hoje veio a partir da Teoria de Onda Estacionária, primeiramente idealizada pelo americano R. A. Harris (1863-1918), que abordava as marés de

diversos locais não como resultado de uma mesma onda global que teria “progredido” até chegar ali, mas como resultado de ondas estacionárias que surgem especificamente em cada região, e possuem características específicas.

De acordo com Marmer (1922, p. 217), “a teoria das Ondas Estacionárias afirma que as marés dominantes do mundo são agitadas por ondas estacionárias que são criadas e mantidas em várias partes dos oceanos pelas forças periódicas das marés do Sol e da Lua”.

Então, apesar da Lua e do Sol serem fundamentais para gerar e manter a vibração das oscilações e elas não se dissiparem, são as condições do lugar que são as principais determinantes das características das marés neste local. Essas condições podem ser várias, como a profundidade média, o formato da costa, a composição física, até mesmo as condições climáticas, entre outras.

Para finalizar nosso breve histórico, é importante citar o trabalho desenvolvido pelo oceanógrafo britânico Arthur Doodson (1890-1968), que no início do século XX desenvolveu a Teoria Harmônica de marés e, com tecnologias para predição de marés bem mais avançadas, de acordo com Ekman (1993) e McCully (2006), quantificou 386 componentes variáveis que seriam determinantes para a análise das marés numa determinada região! As diferenças de forças atrativas da Lua e do Sol, seriam apenas duas dessas.

Agora se refletirmos bem, podemos perceber que Galileu fez uso de fatores muito importantes, quando abordou a importância de “fatores concomitantes” e que alguns, inclusive, se relacionam a termos citados pelos nossos estudantes, como veremos adiante.

Mas antes de abordarmos um estudo sobre como pensam nossos alunos, vamos revisitar a Teoria do Equilíbrio, que foi um marco na História da Ciência para a explicação das marés, e que explica, de uma maneira simples, as marés como um fenômeno que tem sua origem numa interação de natureza gravitacional entre as diferentes partes da Terra e a Lua (além do Sol).

2.2 A Teoria do Equilíbrio

Newton, com seu livro Principia, publicado em 1687, apresentou a teoria da Gravitação Universal, que entre outras coisas possibilitou explicar o movimento dos planetas ao redor do Sol, assim como da Lua, ao redor da Terra. Sua teoria propiciou ainda uma visão unificada para os fenômenos que envolviam os movimentos terrestres e os astronômicos.

As marés foram outro fenômeno ao qual Newton aplicou sua teoria e conseguiu explicar aspectos significativos delas.

Os colegas já são familiarizados com a teoria, porém, lembremos, através das palavras de Oliveira e Saraiva (2014, p. 89) para a força gravitacional, a ideia de Gravitação Universal: “Newton, então, concluiu, que para que a atração universal esteja correta, deve existir uma

força atrativa entre pares de objetos em qualquer região do universo, e essa força deve ser proporcional a suas massas e inversamente proporcional ao quadrado de suas distâncias”.

A Equação 1, escalar, expressa essa ideia, onde F representa a intensidade da força atrativa entre as massas m_1 e m_2 de um par de corpos, a distância entre esses corpos está representada por r , e G , é a constante gravitacional:

$$F = \frac{Gm_1m_2}{r^2} \quad (1)$$

Como sabemos, cada corpo age atraindo o outro em sua direção com uma força que tem essa intensidade. Vejamos como a teoria da Gravitação Universal pode ser aplicada para explicar a origem das marés, conforme a Teoria do Equilíbrio apresentada numa linguagem atual.

Newton, diferente de Galileu, fez uma abordagem estática em seu modelo sobre as marés; isto é, desconsiderou o efeito de rotação da Terra nos movimentos das águas do oceano, assim como a existência de atrito entre as águas e o fundo do mar. Também considerou, numa primeira análise, o planeta todo coberto apenas por água, de maneira uniforme, sem a presença de elevações continentais.

A ideia de explicar as marés a partir de um efeito gravitacional da Lua sobre a Terra faz uso do fato de que, conforme a expressão para a força gravitacional, as intensidades das forças que um astro, como a Lua, exerce em elementos de mesma massa que se encontrem em pontos distintos da Terra, irão diferir entre si.

Sobre um elemento de massa de água da Terra que esteja na posição mais próxima da Lua, esta exerce uma força gravitacional mais intensa do que a que exerce sobre um elemento de massa de água na Terra que se encontre numa posição mais distante - na posição oposta, por exemplo, certo? Veja a Figura 7 (que assim como as próximas figuras, não apresenta os astros em escala de tamanho nem de distância), a seguir, ilustrando isso que acabamos de ressaltar. Nela, o círculo cinza representa a Lua, e o azul, o nosso planeta coberto apenas por água.

Figura 7: Representação das forças gravitacionais exercidas pela Lua, indicadas por flechas vermelhas, em posições diametralmente opostas da Terra, na direção da Lua.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2020.

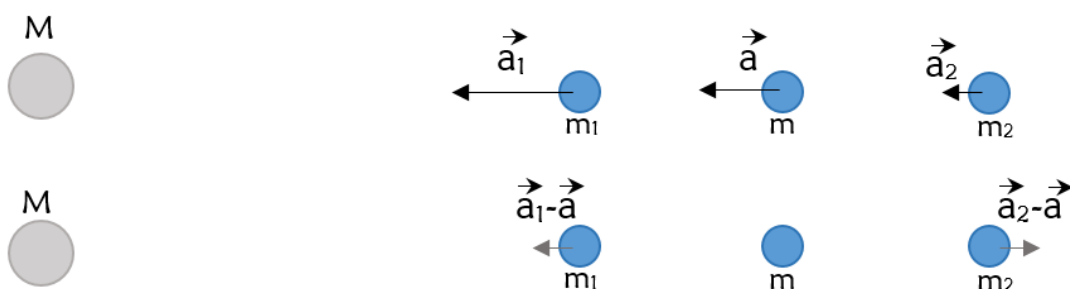
As flechas diferentes representam forças de diferentes intensidades (tamanhos): a força gravitacional num elemento de massa em A, mais próximo da Lua, é maior do que a força num elemento de mesma massa em B, que estão separadas pelo diâmetro terrestre.

Para entendermos a origem das marés de forma mais clara, devemos analisar como as águas nesse modelo de Terra se comportam, com as diferentes forças que a Lua exerce sobre elas nos diversos pontos da superfície da Terra. Vamos fazer isso por etapas.

Primeiro, vamos utilizar uma figura adaptada de Oliveira e Saraiva (2014) ilustrando três elementos de mesmas massas, alinhados, a diferentes distâncias da Lua. Num momento inicial, analisaremos as acelerações em cada massa, sob a ação gravitacional da Lua (ou de um astro de massa M , qualquer).

A parte superior da Figura 8, a seguir, apresenta essa situação. Nela, temos: uma massa m , que podemos imaginar situada numa posição equivalente ao centro da Terra, e sofre uma aceleração de intensidade “ a ” exercida pelo astro M (a Lua, por exemplo); as massas m_1 e m_2 , em posições opostas (podemos imaginá-las como massas em posições equivalentes às diametralmente opostas na superfície de nosso planeta, na direção de M); as intensidades das acelerações a , a_1 e a_2 experimentadas respectivamente pelas massas m , m_1 e m_2 , devido às forças gravitacionais que o astro M exerce sobre elas em um referencial inercial (note que, se $m=m_1=m_2$ podemos inferir que $a_1 > a > a_2$). Não indicaremos, em nossa figura, as forças que cada pequena massa também exerce sobre M ; focalizaremos somente o que ocorre com as massas menores, devido à ação de M .

Figura 8: Representação das acelerações sobre as massas m , m_1 e m_2 devido às forças de atração gravitacional.



Fonte: Adaptada de Oliveira e Saraiva, 2014.

A representação inferior da Figura 8 corresponde a uma descrição das acelerações das massas m , m_1 e m_2 , adotando-se um referencial em que a massa m , situada no centro, encontra-se em repouso (a aceleração do corpo M continua ignorada, na análise que fazemos sobre as massas menores). Nesse referencial da partícula m , pode ser mais fácil de visualizar a tendência

de afastamento das massas m_1 e m_2 entre si, tendência esta que se manifestará para qualquer observador.

Como uma próxima etapa, se analisarmos as acelerações experimentadas por elementos de mesma massa em posições equivalentes aos diferentes pontos da superfície da Terra, sob ação do astro M (a Lua, por exemplo) no sistema de referência de m , teremos uma configuração de acelerações como a ilustrada da Figura 9. Percebemos a tendência ao acúmulo de água ao longo da região da superfície da Terra situada na mesma direção do astro, como se as águas fossem “espremidas” na direção do astro gerador de marés, tanto do lado da Terra mais próximo ao astro, como do lado mais distante.

Figura 9: Representação das águas se acumulando na direção da lua, gerando o efeito de marés. As setas pretas indicam a aceleração dessas águas no referencial de um elemento de massa no centro da Terra.



Fonte: Adaptada de Maré. In: Wikipedia. Disponível em: <<https://pt.wikipedia.org/wiki/Mar%C3%A9>>. Acesso em: 30 dez. 2020.

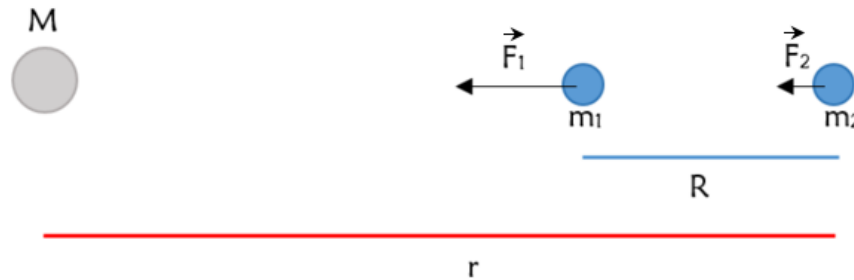
É comum, na literatura, encontrarmos o termo “bojos de marés” para essas protuberâncias de água que tendem a se formar na presença da Lua, quando partimos dessa análise que faz uso do modelo newtoniano para a Terra como um planeta liso e rodeado de águas, e da teoria da Gravitação Universal de Newton.

Essa configuração permite à teoria do Equilíbrio explicar vários aspectos observados sobre as marés. Os pontos da superfície da Terra sob os bojos seriam, no caso, as regiões da Terra que experimentariam as marés altas naquele instante, enquanto nas posições perpendiculares a eles, teríamos pontos com marés baixas.

Como a rotação da Terra tem 24 horas, à medida que a Terra gira, um ponto da superfície dela, nesse modelo, experimenta as águas sobre ele subirem e descerem duas vezes por dia, resultando num intervalo de cerca de 12h entre duas marés altas (ou entre duas baixas). Porém, como a Lua também se move continuamente em torno da Terra num período de aproximadamente 27,3 dias (tomando-se a esfera celeste como referência), e a direção dos bojos segue acompanhando a direção da Lua, o modelo permite esclarecer também o atraso diário de 50 minutos, para os horários das marés alta ou baixa.

Retomaremos agora uma das formas com que a teoria de Newton permite calcular a expressão das forças de marés de um astro sobre outro, e que consideramos viável ser desenvolvida com os alunos do Ensino Médio. Para desenvolvermos os cálculos, faremos uso da Figura 10, que ilustra as forças sobre as massas m_1 e m_2 num referencial inercial (continuaremos ignorando, na análise, as forças sobre o astro M).

Figura 10: Representação das distâncias de m_1 e m_2 ao astro M.



Fonte: Adaptada de Oliveira e Saraiva, 2014.

As duas partículas m_1 e m_2 , encontram-se à distância R uma da outra, e a distância da partícula m_2 a M , está indicada por r . Para fins didáticos, essa representação da Figura 8 segue a mesma ideia da Figura 6, onde as massas m_1 e m_2 , livres, na imagem, podem ser pensadas como massas em dois pontos opostos na Terra, e M , como a Lua (ou outro astro qualquer). A distância R representaria, então, o diâmetro terrestre, e F_1 e F_2 são, respectivamente, as forças com que M atrai gravitacionalmente a massa m_1 e a massa m_2 .

O efeito de marés do astro M sobre a Terra pode ser estimado, para fins de comparação, pela diferença entre as forças F_1 e F_2 , a qual resulta na expressão escalar:

$$\Delta F = F_1 - F_2 \quad (2.2)$$

Aplicando a expressão da gravitação universal (2.1) na expressão (2.2), teremos:

$$\Delta F = \frac{GMm_1}{(r-R)^2} - \frac{GMm_2}{r^2} \quad (2.3)$$

$$F_1 - F_2 = GM \left[\frac{m_1}{(r-R)^2} - \frac{m_2}{r^2} \right] \quad (2.3.1)$$

Supondo que as massas m_1 e m_2 sejam iguais ($m_1 = m_2 = m$), e desenvolvendo as operações algébricas, temos:

$$F_1 - F_2 = GMm \left[\frac{r^2 - (r-R)^2}{r^2(r-R)^2} \right] \quad (2.4)$$

$$F_1 - F_2 = GMm \left[\frac{2rR - R^2}{r^4 - 2Rr^3 + r^2R^2} \right] \quad (2.4.1)$$

$$F_1 - F_2 = GMmR \left[\frac{2r - R}{r^4 \left(1 - \frac{2R}{r} + \frac{R^2}{r^2} \right)} \right] \quad (2.4.2)$$

Tomando $r \gg R$, isto é, a distância r consideravelmente maior que a distância (ou o diâmetro) R , temos que: $2r - R \cong 2r$, e $1 - \frac{2R}{r} + \frac{R^2}{r^2} \cong 1$, com isso, chegamos finalmente a:

$$\Delta F = \frac{2GMm}{r^3} R \quad (2.5)$$

A partir da expressão acima, podemos perceber que o efeito de marés depende diretamente da massa do astro (M) que age no planeta, da própria massa m sob a ação do astro, e do diâmetro do planeta submetido à ação do astro causador das marés. Depende também, numa relação inversa, do cubo da distância entre o planeta e M .

Podemos agora analisar/comparar os efeitos de marés na Terra provocados pela Lua e pelo Sol, a partir dessa expressão, calculando a razão entre as forças de marés produzidas por cada um deles em nosso planeta.

Tabela 1: Valores de parâmetros físicos e astronômicos para cálculos das forças diferenciais de marés causadas pelo Sol e Lua.

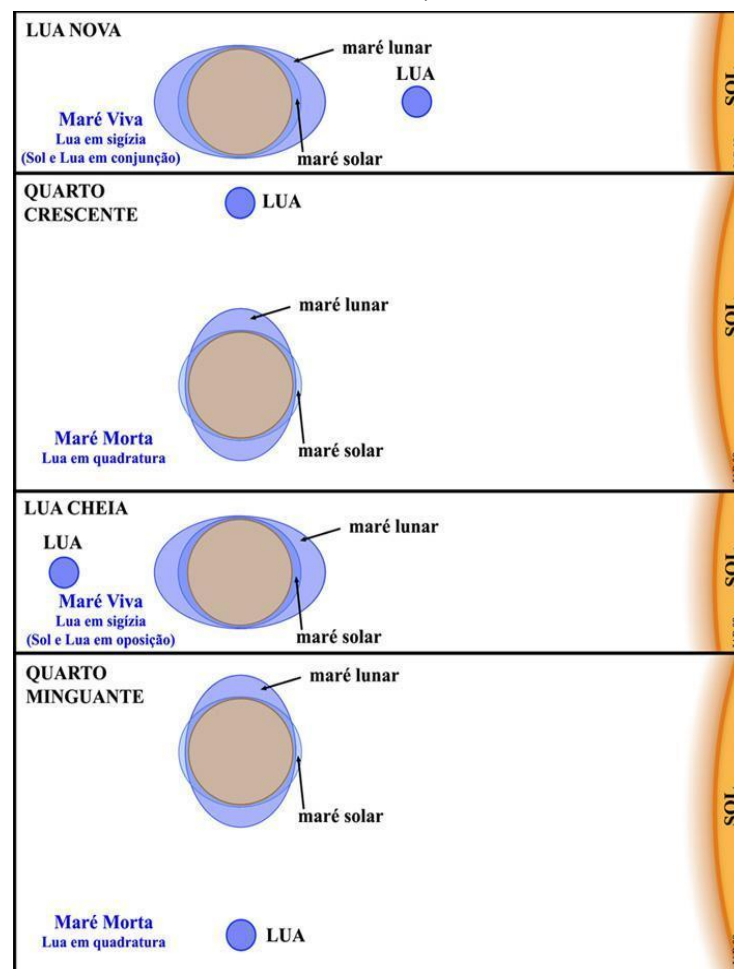
Parâmetros Físicos e Astronômicos	Valores
Massa da Terra	$5,973332 \times 10^{24}$ kg
Massa da Lua	$7,3474271 \times 10^{22}$ kg
Massa do Sol	$1,988 \times 10^{30}$ kg
Distância Terra-Lua	384 000 km
Distância Terra-Sol	149 597 870,700 km
Diâmetro da Terra (R)	12756,2732 km
Constante de Gravitação Universal (G)	$6,67428 \times 10^{-11}$ m ³ kg ⁻¹ s ⁻²

Fonte: Oliveira e Saraiva, 2014.

Fazendo a substituição da constante gravitacional das massas, e das distâncias envolvidas na expressão 2.5, conforme os valores que apresentamos na Tabela 1, concluímos que o efeito de marés da Lua sobre a Terra é cerca de 2,2 vezes maior que o efeito provocado pelo Sol, ou seja, nossa estrela é responsável por aproximadamente 1/3 dos efeitos de marés aqui na Terra. Os dois astros, contudo, exercem efeitos de marés (ou forças diferenciais, como chamamos) consideráveis, cuja combinação tem implicações na intensidade das marés ao longo do mês.

Assim, embora todos os dias tenhamos marés altas e baixas, ao longo do mês, nas fases de lua cheia e de lua nova, ao ficarem aproximadamente alinhados, os astros Sol-Terra-Lua, produzem efeitos de marés mais intensos. São as chamadas marés de sizígia (“de alinhamento” dos astros), ou marés vivas. Por outro lado, nas fases crescentes e minguantes, em que a Lua e o Sol estão posicionados perpendicularmente entre si, em relação à Terra, as marés (conhecidas como marés de quadratura ou marés mortas) são mais “contidas”, de mais baixa amplitude. A Figura 11, a seguir, ilustra tais condições.

Figura 11: Representação das marés de sizígia (marés vivas) e das marés de quadratura (marés mortas).



Fonte: Glossary – Maré. In: Revista de Gestão Costeira. Disponível em: <<https://www.aprh.pt/rgci/glossario/mare.html>>. Acesso em: 30 dez. 2020.

A partir dessas análises, vemos que a Teoria do Equilíbrio permite explicar a origem astronômica das marés de uma forma que apresenta conceitos embasados, lógicos, e ainda, demonstra qualitativamente. Explicamos também as variações das marés ao longo do dia e do mês. Porém, é importante lembrar as limitações do modelo de Newton, e enfatizá-las para os alunos.

Por exemplo, como em sua teoria, Newton considerou o planeta sem porções continentais, estimou marés de no máximo 1 m de amplitude, as quais ocorreriam em locais próximos à linha do Equador. No entanto, percebemos que as alturas das marés são muito variadas, de acordo com o local. Em Natal, por exemplo, segundo as tábuas de marés emitidas pela Marinha do Brasil, as alturas variam em torno de uma média de 2 m de altura, enquanto em alguns portos do Maranhão chegam a 8 m, e na Baía de Fundy, Canadá, em alta latitude, chega a alcançar aproximadamente 16 m, indicando claramente que outros fatores estão associados a esse fenômeno. A profundidade das águas e a forma da costa são alguns desses que interferem muito nas características das marés em determinados locais.

Lembram que mencionamos que as marés no Mediterrâneo são praticamente imperceptíveis? Pois bem, o efeito de maré resultante numa região é diretamente proporcional a quantidade de água presente nela. Não percebemos uma variação do nível de água em lagos e em mares fechados, porque não há uma quantidade suficiente de água para que o efeito de maré se torne perceptível. Já nos oceanos, que são interligados, há uma quantidade de água bem considerável, tornando, usualmente, o efeito evidente.

Apesar dessas limitações, há alguns fenômenos muito interessantes que podem ser estudados como aplicações da Teoria do Equilíbrio. Um deles é o fato de que a Terra também gera efeitos de marés, na Lua. Tais efeitos são estimados aplicando-se a expressão 2.5 à situação em que teremos a Terra agindo sobre as águas da Lua (considerando M a massa da Terra, R o diâmetro da Lua, e r a distância entre os dois astros). Comparando-se os dois efeitos, encontra-se que as forças de marés da Terra na Lua são cerca de 20 vezes as forças de marés causadas na Terra pela Lua.

Esse valor intenso das marés na Lua permite explicar, por exemplo, o fato da rotação da Lua ser sincronizada com sua translação ao redor da Terra, o que nos possibilita vermos, do nosso planeta, sempre o mesmo lado da Lua. Da mesma forma que devido a ação da Lua sobre nossas águas, nosso planeta será levado a uma sincronização semelhante, e daqui a 15 bilhões de anos o nosso dia e mês terão a mesma duração, de 35 dias.

Isso ocorrerá porque enquanto nossa rotação não está sincronizada com nosso mês, ou seja, enquanto a Terra gira num ritmo mais rápido do que aquele em que a Lua se move ao nosso redor, nossos bojos de marés tendem a acompanhar a rotação da Terra, por inércia, mas são, ao mesmo tempo puxados pela Lua, para se manterem alinhados com ela. Tem-se assim, o atrito das águas do mar na superfície da Terra, de modo que as marés estão “atrasando” o movimento de rotação do planeta. Com isso, o dia na Terra está ficando mais longo, e será assim até que o movimento de rotação da Terra se dê no mesmo ritmo da translação da Lua ao nosso redor, ou seja, daqui a cerca de 15 bilhões de anos. Enquanto a sincronização não se

completa, podemos ver também que esse atraso na nossa rotação é quase irrisório em nossa escala de vida, observando que esse número significa que, daqui a 3 milhões de anos, teremos um atraso de 1 minuto.

Pelo exposto até o momento, vemos que a interpretação de Newton para as marés, fazendo uso da Gravitação Universal, permite a compreensão tanto da origem como de alguns aspectos observáveis das marés. Porém, há limites nessa teoria que, como visto na seção anterior, foram superados somente com as teorias ondulatórias para as marés. Nossa intenção com esse material, contudo, é fomentar, particularmente, o ensino das causas astronômicas das marés.

Para isso, acreditamos que é importante discutirmos sobre as ideias que nossos alunos trazem sobre as marés, antes de iniciarem os estudos formais sobre o fenômeno. Será que eles apresentam ideias que se aproximam de alguma dessas teorias, ou até mesmo, será que já ouviram falar, ou que identificam claramente as marés? Como será que eles as caracterizam e explicam? Apresentaremos, a seguir, algumas das prováveis respostas que você terá de seus alunos, a partir de um estudo que realizamos.

3 O que os alunos pensam sobre marés

Concordamos que é muito importante saber o que nossos alunos apresentam como conhecimentos prévios, antes de iniciarmos um estudo sistemático sobre algum tema. Muitas vezes fazemos isso sem perceber. O que você, por exemplo, antes de iniciar a leitura desse texto, pensava sobre as marés? Algo lhe surpreendeu?

Pois bem, agora imagine o que os nossos alunos pensam sobre as marés. Para buscar essa resposta, pesquisamos na literatura relatos de estudos sobre o tema. Encontramos pouquíssimos trabalhos nos últimos 15 anos, desenvolvidos aqui no Brasil com foco nesse questionamento, considerando as publicações nos principais eventos e revistas da área, bem como as dissertações e teses. Em destaque, há o artigo de Baptista *et al.* (2020), sobre um estudo em Santa Catarina, e a dissertação de mestrado de Jesus (2018), na Bahia, que relataram pesquisas com alunos do Ensino Médio. Ainda que ambos tenham concluído que as marés são um fenômeno pouco compreendido entre os estudantes, esses dois trabalhos não discutiram as visões específicas de marés e de explicações para o fenômeno que os estudantes traziam, apenas alocaram as respostas quanto à proximidade delas ao modelo científico.

Tivemos contato também com um trabalho espanhol, de Corrochano *et al.* (2017), que pesquisou como alguns estudantes dos últimos anos do Ensino Básico e universitários explicavam as marés. Essa pesquisa foi realizada com estudantes que já tinham tido contato com o conteúdo de marés em alguns momentos da sua vida estudantil, uma vez que nas regiões em que o estudo foi realizado o conteúdo de marés é previsto para o currículo da educação básica daquelas localidades, e mesmo assim, os autores perceberam que a maioria das pessoas expressaram ideias que não estavam alinhadas ao conhecimento científico relacionado à origem gravitacional das marés.

Para ter uma ideia de como os estudantes em nossa realidade local pensam sobre as marés, fizemos uma pesquisa com estudantes do 1º ano do Ensino Médio de duas escolas públicas do Rio Grande do Norte, que iremos comentar neste capítulo.

Uma escola, que chamamos aqui de Escola do Centro, está localizada no centro da cidade de Natal a cerca de 2 km da Praia dos Artistas e a segunda, Escola do Interior, está localizada no município de Currais Novos, distante 180 Km de Natal. Aplicamos um questionário individual para 82 alunos de três das quatro turmas de 1º ano da Escola do Centro e para 33 alunos das duas turmas de 1º ano da Escola do Interior, totalizando 115 estudantes. Na outra turma da Escola do Centro havíamos aplicado um questionário piloto, daí ela não ser incluída nesse estudo final.

Este questionário, com 21 questões, tinha como objetivo entender como estudantes se relacionam com o ambiente da praia e mais especificamente, qual a percepção e interpretação que eles têm sobre as marés e como elas se relacionam com o meio em que estão inseridos.

As questões estavam divididas por blocos, não explicitados para os alunos, que apresentaremos na Tabela 2, a seguir. Não é possível comentarmos todas as respostas obtidas e analisadas, mas comentaremos as principais conclusões acerca das interpretações dos estudantes quanto ao fenômeno em si. Esperamos que nossa discussão possa lhe ajudar no levantamento de ideias que você venha a realizar em suas turmas; além disso, na dissertação de Dantas (2020), que se relaciona diretamente com o presente material e que você poderá acessar na página do Programa de Pós Graduação em Ensino de Ciências da Natureza e Matemática da UFRN, você terá acesso à análise e discussão de um número maior de dados e questões.

Tabela 2: Blocos de análise e as questões utilizadas no questionário na íntegra.

Blocos de análise	Questões
I. Vivência e a relação cotidiana dos alunos com a praia	1. Quando foi a última vez em que você foi à praia? 2. Que praia foi? 3. Comente um pouco sobre o que motivou a ir e que tipo de atividades realizou por lá. 4. Com que frequência você costuma ir à praia? (Múltipla escolha) 5. O que você costuma fazer quando vai lá?
II. Percepção de astros e fenômenos numa ida à praia	6. Há algum fenômeno no céu, ou algum aspecto ligado aos astros, que você costuma prestar atenção quando vai à praia? Se sim, qual ou quais? 7. Há algum fenômeno ou fenômenos relacionados especificamente com a água, que você costuma observar na praia? Se sim, qual ou quais?
III. O que são marés e a explicação para o fenômeno	8. Você já ouviu falar em marés? Se sim, o que você acha que são? 9. Você já vivenciou alguma situação mais significativa envolvendo marés? Se sim, poderia compartilhar brevemente como foi, e em que local? 10. Que coisas ou objetos do nosso entorno natural você acha que seriam responsáveis por causar as marés?

	<p>11. Faça um desenho ilustrando sua ideia sobre por que as marés acontecem. Utilize também legendas para ajudar a expor seu pensamento.</p> <p>12. Se essas coisas ou objetos do nosso entorno natural não existissem, como seriam as marés?</p>
<p>IV. O conhecimento sobre os períodos envolvidos no fenômeno das marés, variações cíclicas no fenômeno e as explicações para estas</p>	<p>13. Você saberia dizer, mais ou menos, quanto tempo leva para a maré encher?</p> <p>14. Quantas marés altas ocorrem em um dia?</p> <p>15. Você acha que as marés altas têm a mesma intensidade, durante o mês?</p> <p>16. Qual seria a razão para isso?</p> <p>17. Você acha que as marés altas têm a mesma intensidade, durante o ano?</p> <p>18. Qual seria a razão para isso?</p>
<p>V. A importância socioambiental das marés</p>	<p>19. Em que aspectos do seu dia-a-dia você acha que as marés são importantes?</p> <p>20. Você acha ou já ouviu falar se esse fenômeno afeta outras pessoas, outros seres vivos, ou aspectos relevantes do ambiente? Comente sobre isso.</p>
<p>VI. As curiosidades e interesses dos alunos acerca do fenômeno das marés</p>	<p>21. Que coisas lhe geram curiosidade, e/ou você gostaria de ver discutidas numa aula ou num programa de TV, por exemplo, sobre o tema?</p>

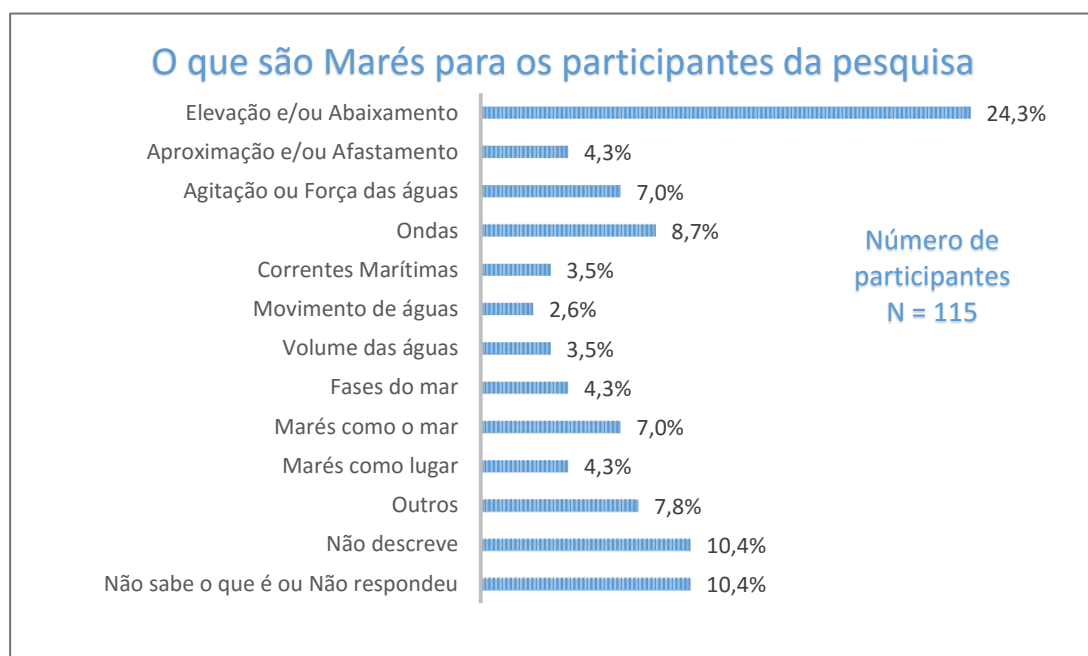
Fonte: Dantas, 2020.

Perceba que aparentemente é um questionário longo, mas a aplicação em cada turma se deu em aproximadamente 40 minutos, que é um pouco menos que a duração média de uma aula. Além disso, algumas perguntas, como a do primeiro bloco, estão relacionadas a lembranças de um dia de praia, visando promover, entre outras coisas, descontração e maior envolvimento com a atividade. Explorando esse aspecto, você pode também descobrir um aluno que tem uma vivência de marés surpreendente, por ser um surfista, quem sabe, ou ter algum parentesco com um pescador, ou alguém que vive do mar. Isso pode se tornar muito interessante em suas aulas acerca desse fenômeno.

O primeiro dado que nos chamou a atenção é que não há uma diferença significativa entre as respostas dos estudantes da Escola do Centro e da Escola do Interior quanto à frequência com que vão à praia. Em ambas as escolas, a maioria dos alunos respondeu à Questão 4 (Com que frequência você costuma ir à praia?), que era de múltipla escolha e apresentava as seguintes alternativas: *toda semana, uma vez ao mês, pelo menos uma vez a cada 3 meses, uma vez ao ano, raramente, outro*. Grande parte deles marcaram *Raramente*, em ambas as escolas. Isto quer dizer que grande parte dos participantes de nossa pesquisa não costumam ir à praia. Fazendo um paralelo com os outros trabalhos que encontramos na literatura, os focos deles estão alinhados principalmente ao foco do terceiro bloco de questões que desenvolvemos, sobre o que são as marés e como os alunos as explicam. Compartilharemos aqui, inicialmente, os resultados que tivemos das questões 8 e 10, daquele bloco, através dos Gráficos 1 e 2.

Sobre as informações que sistematizamos nos gráficos que iremos apresentar, é importante esclarecer que as respostas dos alunos foram classificadas em categorias que propusemos a partir de uma análise nossa sobre o conteúdo delas, fazendo uso da análise de conteúdo (BARDIN, 2011). Além disso, destacamos que uma resposta a uma questão específica poderia contemplar conteúdos que a inseria em mais de uma categoria; por isso, o somatório das porcentagens de respostas a todas as categorias nem sempre resulta em 100%.

Gráfico 1: Respostas dos participantes da pesquisa sobre o que são marés e frequência com que essas respostas aparecem entre eles.



Fonte: Dantas, 2020.

Quase um quarto dos alunos escreveram respostas que interpretamos como uma identificação do fenômeno de marés com a *Elevação e/ou Abaixamento* do nível de água do

mar. Porém, especificamente na Escola do Interior, como mostrado em Dantas (2020), grande parte dos alunos ficou dividida entre essa visão (de *Elevação e/ou Abaixamento*), e a de *Ondas* (marés e ondas consideradas como o mesmo fenômeno), ambas com 15,2% das respostas; isso pode nos indicar que a vivência das marés, mais comum para os alunos da Escola do Centro, é um fator muito importante a ser considerado.

Outra ideia que encontramos em alguns estudantes foi a identificação das marés com a manifestação de águas mais agitadas, no mar, ou com a força das águas do mar em obstáculos (*Agitação ou força das águas*).

As respostas que identificam as marés com Ondas ou com a Agitação ou Força das águas nos alertam sobre a necessidade de construir com os alunos o reconhecimento do fenômeno como a subida e abaixamento *regular, diário*, das águas do mar, diferenciando-o de outros fenômenos que também ocorrem com as águas do mar.

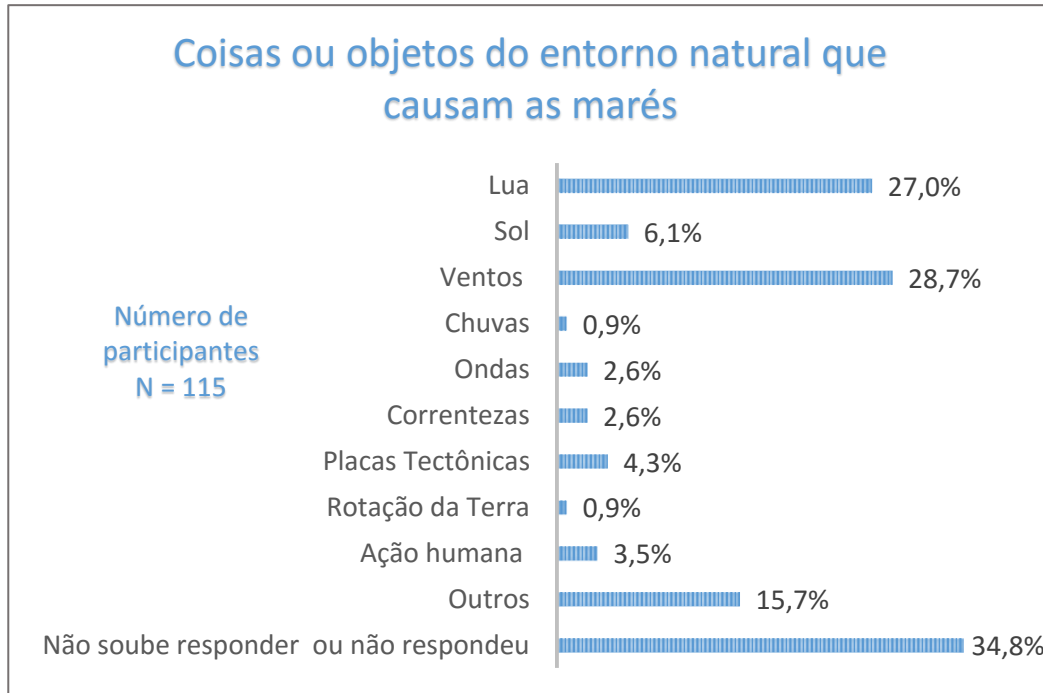
Chamamos atenção, ainda, para as respostas do tipo *Marés como um lugar*. Os estudantes que apresentaram essas respostas nos indicaram que a maré é um local específico. Um dos estudantes da Escola do Centro escreveu que as marés é “*onde ‘fica’ os caranguejos e o mangue*”. Em alguns lugares próximo ao Rio Potengi, em Natal, é comum as pessoas chamarem de “maré”, esses lugares ribeirinhos que sofrem variações do nível de água.

Entre as respostas caracterizadas como Outros, que apareceram em menor proporção estão: “*ventos no mar*”, “*peixes que nadam num só comando*”, “*tempo inexplicável*”, “*águas tipo esgotos*” e “*a profundidade dos oceanos*”. Em todos esses casos faz-se necessário o diálogo para uma reconstrução do entendimento das marés.

O Gráfico 2 apresenta uma sistematização das respostas em que os alunos descrevem o que consideram ser a causa das marés. Este gráfico talvez seja um dos mais importantes para explorar os aspectos relacionados às teorias criadas ao longo da história.

Os astros causadores das marés foram citados entre os estudantes, em especial a Lua com 27% das respostas. Porém, o que nos chama atenção é que a maioria deles não soube responder ou não respondeu. Dentre os alunos que responderam, quase 30% indicaram os *Ventos* como principal causador das marés. Um aluno apresentou a *Rotação da Terra* como causadora das marés, o que a princípio remete a um diálogo que pode ser desenvolvido pelo professor com as ideias centrais da teoria galileana. As respostas enquadradas em *Outros* foram: *astros* (indicados com esse termo mais geral), *pedras, areias, nuvens, temperatura, clima, choques* (descargas elétricas), *oceanos*, e até mesmo o *deus Poseidon*, que, como sabemos, segundo a mitologia grega é o deus dos mares.

Gráfico 2: Coisas ou objetos do entorno natural que causam as marés e frequência com que foram citados pelos alunos.



Fonte: Dantas, 2020.

Nessa pergunta e nas outras, que se sucederam neste e no bloco IV, houve muitas respostas em branco ou em que os alunos afirmaram não saber indicar resposta.

Você pode estar se perguntando se os alunos apresentaram algo relacionado à gravitação. Pois bem, explicitamente, apenas 4 estudantes (3,5% dos estudantes) apontaram respostas que estavam relacionadas à gravitação, força e/ou atração, um desses comentou apenas atração, mas não especificou nenhum astro associado, um apontou gravidade e o outro força gravitacional. Entre outros aspectos, esse resultado reforça para nós a expectativa de que o ensino sobre o tema das marés, na Física, pode vir a contribuir para uma maior significação do ensino sobre gravitação e para o próprio ensino da Astronomia.

A Figura 12, a seguir, esquematiza as principais concepções de marés que os alunos apresentaram em nossa pesquisa e pode auxiliar na análise e organização das respostas que a sua turma venha a apresentar, e em suas reflexões sobre os diálogos relevantes a construir com seus alunos para tratar desse tema. O capítulo seguinte será destinado a sugestões para o ensino, mas já frisamos que discutir o resultado obtido acerca das concepções sobre o fenômeno das marés com os estudantes pode ser muito rico, visando a socialização das ideias surgidas entre eles e o debate sobre o que diferencia as marés de outros fenômenos conhecidos, nas águas do mar. Além disso, o diálogo sobre as diferentes concepções da turma pode favorecer a discussão

sobre os diversos graus de identificação do fenômeno e as diferentes explicações científicas, ao longo da história, na tentativa de se compreender o mesmo.

Figura 12: Esquema de concepções sobre o que causam as marés, de acordo com as respostas dos participantes.



Fonte: Dantas, 2020.

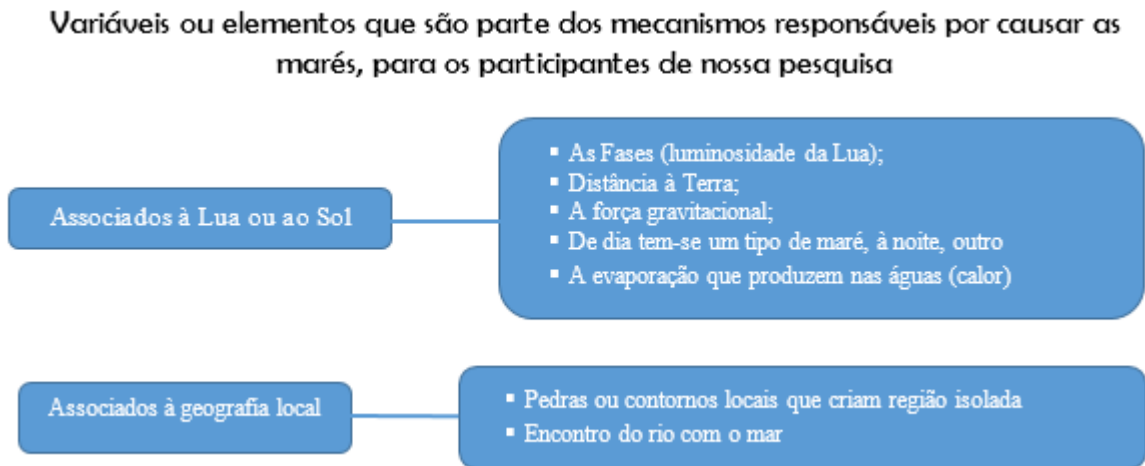
Além das perguntas para serem respondidas na forma de texto, sobre a explicação para as marés, a questão 11 de nosso questionário pedia para que o aluno fizesse um desenho, com legenda, apresentando a visão dele sobre por que as marés acontecem. É importante ressaltar que, para uma melhor análise dos desenhos e das respostas ao questionário como um todo, pretendíamos desenvolver entrevistas com os participantes, porém, em função da pandemia da COVID, 19 nos restringimos, nesse primeiro momento, às informações dos questionários. Contudo, a análise que fizemos dos desenhos, que foi também uma análise de conteúdo, levou em consideração, além do desenho em si, a legenda que eles apresentavam e as respostas dadas pelos alunos às questões textuais anteriores.

Tivemos desenhos bem interessantes, que retomavam algumas características relacionadas ao que os alunos apresentaram na forma de texto, em resposta anterior, sobre o que causava as marés. Ao mesmo tempo, outros desenhos foram menos informativos, e não pareciam evidenciar o agente que, conforme o aluno apontara antes, causava as marés.

Em Dantas (2020) você encontrará uma discussão mais completa sobre o que interpretamos acerca dos desenhos dessa pesquisa, enquanto aqui, optamos por destacar características daqueles que explicitavam não apenas o agente causador das marés mas sugeriam, ainda, de que maneira esse agente atuava, ou seja, por qual “mecanismo”, ou a partir de que variável associada àquele agente, se dava a produção das marés. Apesar de ter sido um número pequeno de respostas com essas características (5 desenhos de 68), é interessante as apresentarmos aqui, tendo em vista que elas acrescentam informações em relação às questões discutidas anteriormente. Desse modo, no esquema que apresentamos na Figura 13,

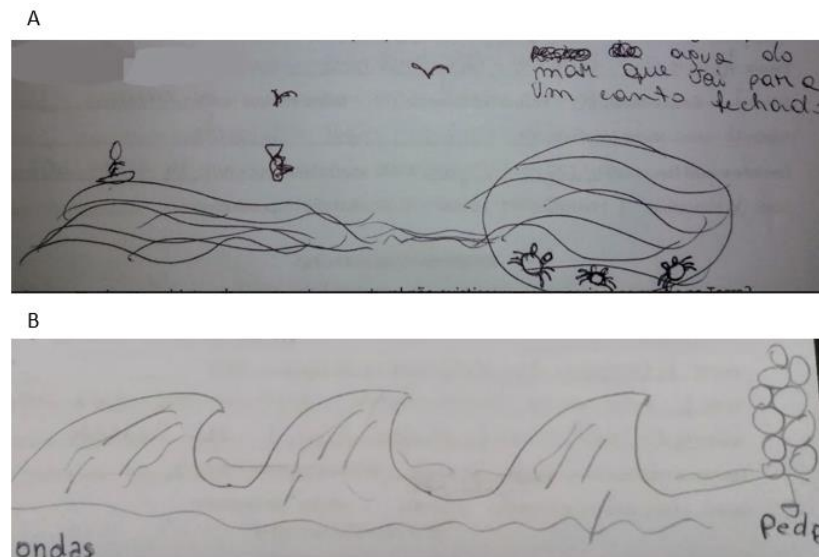
sistematizamos um resumo das informações que inferimos desses desenhos sobre mecanismos ou variáveis que eles sugeriam, e nas Figuras 14, 15, 16 e 17 ilustramos alguns deles.

Figura 13: Esquema representativo das variáveis relacionadas às causas das marés, identificadas nos desenhos dos participantes.



Fonte: Dantas (2020).

Figura 14: Desenho representando a geografia local como principal fator para as marés acontecerem. Legenda da Figura 14 A: “água do mar que vai para um canto fechado”.



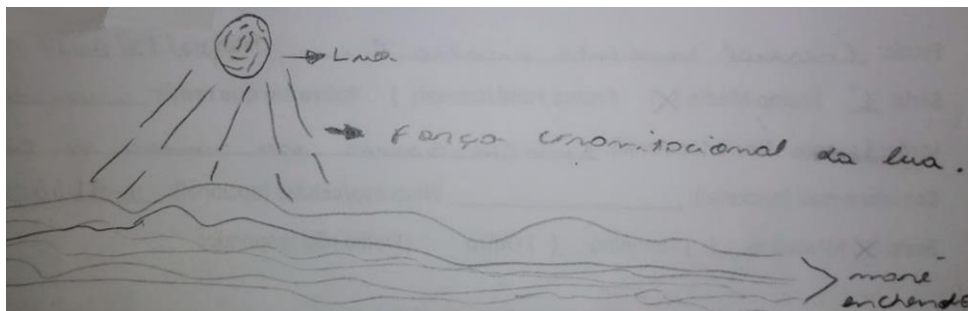
Fonte: Dantas (2020).

Figura 15: Desenho indicando a variação na distância da Lua como (parte do) mecanismo causador das marés.



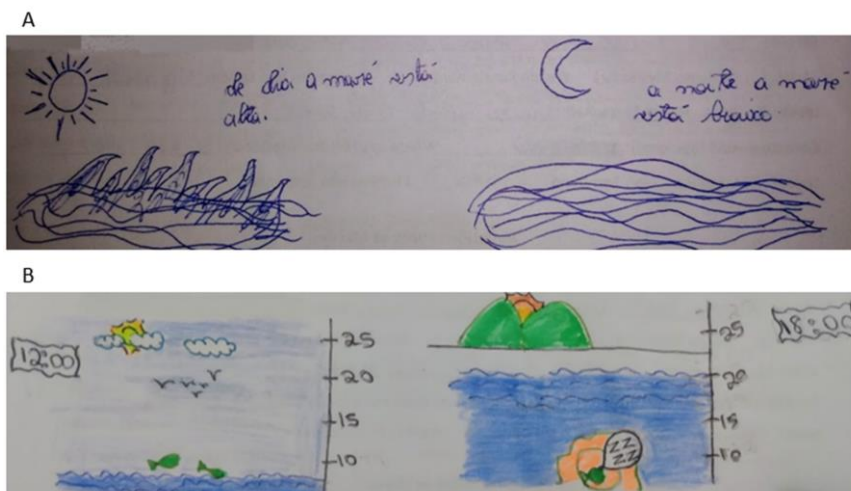
Fonte: Dantas (2020).

Figura 16: Desenho representando a força gravitacional da Lua como parte do mecanismo causador das marés.



Fonte: Dantas (2020).

Figura 17: Desenhos representando uma relação entre dia e noite com prováveis mecanismos que produzem as marés.



Fonte: Dantas (2020).

Para o desenvolvimento desse levantamento, não estávamos preocupados apenas com a semelhança do entendimento que os alunos apresentam sobre as marés com o conhecimento científico, mas inferir a visão deles sobre o fenômeno, antes de o estudarem. Dentre as respostas dos alunos podemos perceber que houve várias formas de compreensão sobre as marés, o que pode oferecer elementos para diálogos a serem construídos com os alunos, no ensino desse tema. No entanto, percebemos também que uma boa parte dos estudantes não indicaram qualquer resposta. Isto também aconteceu quanto às causas citadas por eles para o fenômeno. Foram dezenove agentes causadores citados, no geral, pelos alunos que responderam sobre esse ponto, porém quase 35% dos participantes não indicaram resposta ou disseram não saber porque as marés aconteciam. E ainda, entre as respostas que obtivemos, pouquíssimos alunos citaram o fator gravitacional das marés, conforme comentamos anteriormente. Outro aspecto interessante de destacarmos é que apenas um aluno de todos os participantes - o que considerou a rotação como causa para as marés - optou por fazer um desenho com uma representação da Terra no espaço, para explicar o fenômeno. Essas lacunas, e ainda, a forma como alguns conceitos foram percebidos pelos alunos nas respostas a outras questões, nos indicam a necessidade de intensificar o Ensino de Astronomia na Educação Básica. Iremos abordar isso novamente no próximo capítulo.

Quanto às questões do bloco V (A importância socioambiental das marés), muitas relações entre marés e o cotidiano dos alunos, ou entre marés e a vida de outros seres vivos ou o ambiente foram contempladas, compondo categorias de respostas tais como: *Banho de mar e práticas esportivas*, *Pesca*, *Afetam outros seres vivos*, *Avanço do mar nas casas e ruas*, entre outras. Porém, quase metade dos alunos não respondeu ou informou não saber sobre essas relações. Talvez isso possa estar relacionado àquela vivência limitada dos alunos na praia, mas de todo modo ilustra também a importância de levarmos o tema das marés para o Ensino Médio buscando aproveitar todo o seu potencial interdisciplinar.

Esperamos que os resultados e discussões aqui apresentados venham a lhe ajudar a se preparar, seja quando surgirem ideias próximas a essas que encontramos, em seus alunos, seja indicando possíveis questionamentos e provocações que você poderá levar para a sua turma, no desenvolvimento desse tema. No próximo capítulo, retornaremos à importância de haver esse levantamento de ideias.

4 Sugestões para o Ensino de Marés

Almejamos que o apresentado até o momento tenha favorecido o entendimento e ampliado a compreensão que você já tinha, anteriormente, sobre o fenômeno de marés. A ideia neste último capítulo é apresentarmos algumas sugestões e dicas que venham a lhe auxiliar durante suas aulas sobre esse tema. Não iremos construir uma sequência de ensino nem um plano de aula sistematizado sobre marés, entretanto esperamos que as reflexões desenvolvidas no material e as dicas que traremos agora venham a lhe instigar e ajudar nesse importante passo do planejamento.

Certa vez, um colega professor, numa aula sobre ondas, comentou que a visualização de um fenômeno é mais prazerosa do que o desenvolvimento de cálculos para sua descrição. Acredito que você venha a concordar com essa afirmação. Imergir na contemplação das ondas do mar, ou das cores de um entardecer, desperta a sensação de que estamos diante de algo realmente encantador. No entanto, pode, também, despertar em nós uma curiosidade científica, uma vontade de buscar entender como isso realmente acontece, e, como defende Jafelice (2010, p. 219, grifo do autor), é mais proveitoso e memorável “a criação de estratégias pedagógicas que propiciem *vivências*, antes de incitar as pessoas a pensarem conceitualmente ou refletirem sobre os conteúdos”.

Com essa premissa, a primeira sugestão que fazemos para o ensino de marés é a contemplação, se possível, em grupo, do fenômeno. As aulas de campo muitas vezes se tornam as mais significativas para os estudantes, e até mesmo para os professores.

Apresentamos, no início do nosso material, que o fenômeno de marés tem um forte potencial interdisciplinar, o que pode favorecer um projeto de uma aula de campo em conjunto com os professores de Biologia e Geografia de sua escola, por exemplo. No decorrer de 4 horas, num dia de aula normal, é possível desenvolver diversas atividades com os estudantes em um local litorâneo em que eles possam estar percebendo a mudança do nível de marés. Durante esse tempo, você poderia levantar as concepções dos alunos sobre as marés, discutir sobre quais aspectos as marés são importantes, sempre dialogando com os outros professores, impulsionando a interdisciplinaridade. Outra opção pode ser levantar as concepções em classe, num dia anterior ao dia da aula de campo, e provocar observações e questionamentos que façam uso das ideias levantadas junto aos alunos.

Dentre os trabalhos relacionados a marés com que tivemos contato, a dissertação de Priscila Rezende (2017), da Universidade Estadual de Santa Cruz, em Ilhéus/Bahia, propõe uma atividade interessante para ser desenvolvida numa aula na praia. Junto aos alunos, ela construiu um medidor de marés simples utilizando uma corda de 15 m, um cano PVC de 15 cm de diâmetro, uma alça de ferro para prender a corda a uma base de cimento, fita isolante para

marcação de meio em meio metro, desde a base, e pintadas com cores diferentes para indicar cada marcação. O objeto, ilustrado pela Figura 18, pode ser produzido anteriormente e levado à aula para os alunos realizarem as medições, a cada 30 minutos, por exemplo.

Figura 18: Medidor de marés, de baixo custo desenvolvido por Rezende (2017).



Fonte: Rezende (2017).

É importante, antes de colocar o seu medidor de marés, saber qual o horário em que a maré, no local da aula, estará no nível médio. Isto é, nem baixa nem alta. E para perceber a subida, é necessário estar lá durante um momento de subida das águas. Para lhe ajudar com isso, é bom ter em mãos uma tábua de marés que é facilmente obtida no site da Marinha do Brasil, como já falamos anteriormente.

Sabemos que há dificuldades logísticas em projetos de aulas de campo, porém é uma proposta que pode ser pedagogicamente muito rica, e você poderá ter a ajuda dos outros colegas professores na produção do projeto.

Em sala de aula, se não for possível a atividade de campo, você pode apresentar aos alunos alguns vídeos na plataforma YouTube com alguns *time-lapses*⁶ de ascensão e descida o nível da maré. Claro que seria mais interessante se você filmasse ou fotografasse vários momentos ao longo da subida e/ou descida do nível da água em um local que seja conhecido de seus alunos. Basta posicionar a câmera em um local fixo, e acompanhar essas variações. Porém, apresentamos na Tabela 3 alguns links de vídeos em time-lapse, de marés em algumas regiões do globo, com informações sucintas sobre o vídeo e seu local de filmagem.

⁶ *Time-lapse* é uma técnica cinematográfica que permite a exibição de longos eventos em um curto espaço de tempo. Normalmente são vídeos em *time-lapse* não excedem 2 minutos de duração.

Tabela 3: Links de vídeos em *time-lapse* de momentos de variação de marés, informando o local e descrição geral.

Local	Descrição	Link
Praia do Farol Velho, em Salinópolis - Pará	Essa é a praia que comentamos no primeiro capítulo, na qual é comum pessoas esquecerem da rápida subida das marés e terem os carros alagados, às vezes levados, pelas águas.	https://www.youtube.com/watch?v=ysfrHjwGwL4
Praia de Bitingui - Alagoas	Time-lapse feito com 1504 imagens.	https://www.youtube.com/watch?v=aQPDjiTh8bl
Região da Bretanha – Norte da França	Mostra inicialmente vários barcos sobre a areia e, após a subida da maré, eles podendo navegar	https://www.youtube.com/watch?v=9Yg4lf3ORak
Monte de Saint-Michel, região da Normandia – Norte da França	O monte de Saint-Michel, durante o processo de subida das marés, se transforma numa “ilha de pedra”	https://www.youtube.com/watch?v=ks90u6nY26M
Baía de Fundy, região ao extremo nordeste do Canadá	Time-lapse de uma das maiores variações de marés do planeta, aproximadamente 16 metros entre a maré mais baixa e a maré mais alta. Já citada anteriormente nos dois primeiros capítulos.	https://www.youtube.com/watch?v=EnDJ6_XpGfo
Porto do Alasca, ao extremo noroeste da América do Norte	Nível de maré variando desde as 15h do dia 02/07/2019 até às 22h do dia 03/07/2019. Este vídeo apresenta a variação da altura em pés (ft, em inglês). 1 ft. = 30 cm.	https://www.youtube.com/watch?v=cNeeRi_dbWU

Fonte: Disponível em YouTube. Acesso em: 30 dez. 2020.

Além desses vídeos, algumas atividades práticas que tentem reproduzir aspectos das explicações para o fenômeno, por exemplo, podem ser desenvolvidas.

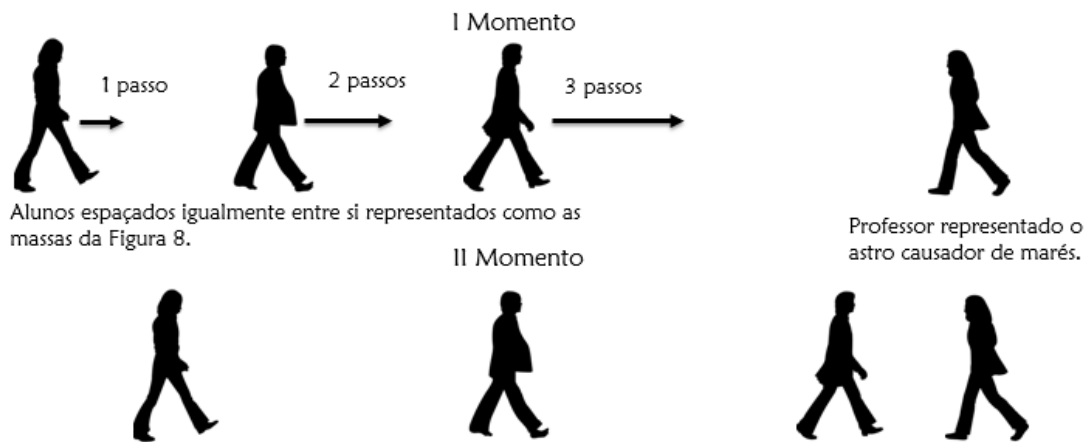
Uma possível atividade corporal para ajudar a ilustrar o efeito de termos forças (gravitacionais) diferentes agindo em massas que se encontrem em pontos extremos da Terra e em seu centro, na direção de um astro (conforme a analogia que adotamos no capítulo 2, através da Figura 8), pode ser realizada com três pessoas de pesos similares (ou a serem ignorados) representando as massas espaçadas igualmente entre si, numa fila.

Você pode começar só com as três pessoas, alinhadas e próximas a você, e analisar com a turma o efeito de termos massas com velocidades diferentes entre si, no referencial da turma (Figura 19).

Peça e ensaie com o restante da turma a marcação da passagem do tempo, por unidades, por meio de palmas. Combinem um ritmo em que irão bater palmas juntos, para indicar a passagem de segundos, por exemplo.

E combinem ainda que, quando o tempo “começar a passar”, a cada unidade de tempo, a pessoa mais próxima de você irá dar 3 passos em sua direção, a segunda dará 2 passos, e a terceira, apenas 1, ilustrando uma velocidade (média) maior para as massas mais próximas, sendo a menor para a massa mais distante.

Figura 19: Esquema ilustrativo de atividade corporal envolvendo a formação dos dois bojos de marés.



Fonte: Adaptado de Pinterest. Disponível em:

<<https://br.pinterest.com/pin/471400285998316963/>>. Acesso em 30 dez. 2020.

Após “parar o tempo”, depois de uma ou duas unidades marcadas pela turma, peça para os alunos discutirem o que aconteceu com a distância entre as três pessoas (massas). O afastamento entre essas massas, com velocidades médias diferentes, irá ficar evidente. Você deve aproveitar e perguntar também como a pessoa do centro descreveria as mudanças de posição

em relação a ela, interpretando com os alunos que, para aquela pessoa, as das extremidades se moveram em sentidos opostos em relação a ela.

Após isso, discuta com a turma sobre o que aconteceria se repetíssemos a situação anterior partindo agora de velocidades com valores tais que a da pessoa mais próxima de você fosse ainda maior do que a do meio, e a dessa, ainda maior do que a da pessoa mais distante de você. A ideia é compreender que se tivermos acelerações (médias) diferentes entre as massas e conforme as distâncias delas ao professor, o efeito do afastamento deverá ser ainda maior. Assim, o que foi ilustrado para velocidades relativas com os movimentos das pessoas, serve para pensar o que ocorre com as acelerações relativas.

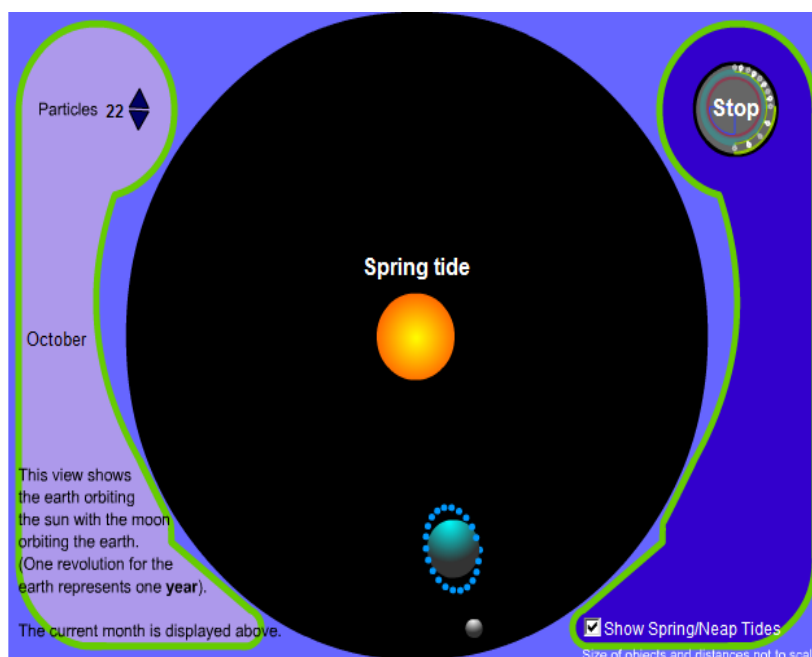
Nesse momento, deve ser discutido que o professor pode ser pensado como a Lua gerando diferentes acelerações nas massas alinhadas com ele, retomando a analogia das massas com pontos da Terra alinhados com a Lua, também. Porém, é importante chamar a atenção para os fatos de que: a) na Terra (as três massas como pontos dela) as massas não chegam a se separar, por estarem ligadas entre si por meio de forças internas entre as partículas, embora as águas, por serem um fluido, respondem mais nitidamente à tendência ao afastamento imposta pelo campo gravitacional não uniforme da Lua; b) as massas ou a Terra não estão paradas diante da Lua, ao ser/em acelerada/s. Essa então é uma boa hora de apresentar a ideia de que não apenas a Lua gira ao redor da Terra, mas a Terra também gira ao redor (do centro de massa dela com) a Lua, de maneira que a aceleração provocada pela Lua apenas mantém a Terra nessa órbita. Ou seja, da mesma forma que a Terra atrai a Lua e o movimento da Lua ao redor da Terra evita que nosso satélite caia para o centro da Terra, o movimento da Terra ao redor do centro de massa dela com a Lua evita que nosso planeta caia na direção daquele astro, mesmo sendo atraído em sua direção.

Essa atividade é realizada por um dos autores desse material na disciplina de Astronomia Básica para a Licenciatura em Física da UFRN. Acreditamos que, utilizando-se de forma precisa os conceitos e analogias envolvidos nela, e com tempo para conferir os significados atribuídos pela turma, ela poderá ajudar os alunos a entender a formação de *dois* bojos de marés na Terra - e não só um no ponto mais próximo do astro causador, como alguns estudos sobre concepções de marés registram ser comum os estudantes pensarem que acontece (CORROCHANO *et al.*; SILVEIRA, 2003).

A ajuda de simuladores virtuais pode ser muito interessante para um momento de análise, após haver uma primeira teorização sobre as marés. Separamos um link de simulador online gratuito que você pode utilizar em suas aulas, e comentaremos um pouco sobre a dinâmica dele.

O simulador *Tides Simulator*⁷ (Figura 20), desenvolvido pela Universidade de Utah, nos Estados Unidos da América, nos ajuda a perceber as variações de marés ao longo de um mês, indicando quando há as Marés de Sizígia e de Quadratura - os termos em inglês são, respectivamente, *Spring Tides* e *Neap Tides*.

Figura 20: Interface do site com o *Tides Simulator*.



Fonte: *Tides Simulator*. Disponível em:

<http://sunshine.chpc.utah.edu/Labs/Tides/tides_simulator.html> .

Acesso em: 30 dez. 2020.

O lado superior esquerdo, lhe dá opção de escolher a quantidade de partículas que você deseja representar ao redor da Terra, em azul. Quanto mais partículas, mais contínuos serão os bojos de marés. Sempre que houver as marés de Sizígia e Quadratura, será avisado acima do Sol, como na Figura 20. Ao lado esquerdo está a representação do mês em que está acontecendo essas marés. E na parte superior direita, há o botão para iniciar ou pausar a simulação.

Durante as suas aulas sobre marés, será muito importante lembrar - ou ensinar (caso eles ainda não tenham tido oportunidade de estudá-los na escola) - alguns conceitos de Astronomia com os seus alunos. Percebemos, em algumas respostas que obtivemos na pesquisa comentada no capítulo anterior, algumas confusões com termos e significados relacionados às fases lunares. Ou, muitas vezes, vimos o desconhecimento de uma relação entre o período do mês e as próprias fases da Lua, da mesma forma, com a translação desta ao redor da Terra.

⁷ Simulador de Marés disponível em: <http://sunshine.chpc.utah.edu/Labs/Tides/tides_simulator.html>. Acesso em: 30 dez. 2020.

Então, é fundamental, quando estiver conceituando as variações de marés ao longo de um mês, que procure garantir, na turma, uma compreensão sobre o fenômeno das fases.

Para suporte nos seus estudos, indicamos ainda o site brasileiro *Astronomia e Astrofísica*⁸. Este material foi produzido e é corriqueiramente atualizado pelos professores Kepler Oliveira e Maria de Fátima Saraiva, do Departamento de Astronomia do Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Este site possui diversos temas que podem ser explorados em suas futuras aulas, entre eles, Marés, Fases da Lua, Newton, Gravitação, entre outros. O próprio material que acaba de ler possui muitas referências oriundas deste site, muito utilizado desde os estudos de graduação na Universidade. Recomendamos também a leitura da dissertação associada a esse produto, e os artigos sobre história das teorias de marés, que citamos no capítulo 2 desse texto.

Ao finalizarmos nosso material, esperamos ter auxiliado na organização do conhecimento que você já tinha sobre as marés e ajudado na construção de novas ideias e interpretações desse fenômeno astronômico que está relacionado a tantos fenômenos em nosso planeta.

Esperamos ainda que tenhamos despertado em você reflexões sobre a importância do Ensino de Astronomia para a Educação Básica, tendo em vista que é uma das ciências mais antigas que temos conhecimento, e que possui grande potencial para a compreensão não apenas de nosso lugar no Universo, mas também da própria dinâmica de nosso planeta, como o tema de marés, em especial permite evidenciar. Acreditamos que são visões importantes para serem estimuladas com nossos alunos.

⁸ Disponível em: <<http://astro.if.ufrgs.br/index.htm#gsc.tab=0>>. Acesso em: 30 dez. 2020.

Referências

- ALVES, J. R. P. (Org.). **Manguezais: Educar para Proteger**. Rio de Janeiro: Fundação de Estudos do Mar: SEMADS, 2001.
- BAPTISTA, C. M. F.; LAWALL, I. T.; CLEMENT Luiz. Significados produzidos por estudantes do Ensino Médio sobre fenômeno das marés em aulas investigativas. **Revista Electrónica De Investigación En Educación En Ciencias**, Argentina, 15º ano, n.1, p. 33-49, julho de 2020 .
- BARDIN, Laurence. *Análise do conteúdo*. São Paulo: Edições 70, 2011.
- BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**. Educação é a Base. Brasília, 2018. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf>. Acesso em: 27 jul. 2020.
- CASE, J. **Understanding Tides**—From Ancient Beliefs to Present-day Solutions to the Laplace Equations *SIAM News*: Volume 33, Number 2, March 2000.
- CORROCHANO, D.; GÓMEZ-GOONÇALVES, A. (Universidad de Salamanca, Espanha); SEVILLA, J. (Universidad de Olviendo, Espanha); PAMPÍM-GARCÍA, S. (IES Galileo, Valladolid, Espanha). Ideas de estudiantes de instituto y universidad acerca del significado y el origen de las mareas. In: **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias**, p. 353–366, 2017.
- DANTAS, J. H. S. Um material para professores de física sobre o ensino de marés na Educação Básica. 2020. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2020.
- EKMAN, Martin. A concise History of Theories of Tides, Precession-Nutatuion and Polar Mortion (from antiquity to 1950). **National Land Survey, Division of Geodetic Research**, Guvle, Suécia, n. 14, p. 518-617, Maio de 1993.
- FRANCIS J.; MWINUKA S.; RICHMOND, M. **A Schoolteacher’s Guide to Marine Environmental Education in the Eastern African Region**. UNEP/FAO. 1999.
- JAFELICE, Luiz Carlos. Abordagem Antropológica: educação ambiental e astronômica desde uma perspectiva intercultural. In: **Astronomia, Educação e Cultura: Abordagens transdisciplinares para vários níveis de ensino**. Natal, RN: EDURN, 2010. P 213-262.
- JESUS, Antônio Marcos. **Concepções apresentadas por estudantes do Ensino Médio da Baía de Camamu e de São Miguel das Matas com relação ao fenômeno das marés** / Marcos Antônio Jesus. – Feira de Santana, BA: UEFS, 2018.
- MARICONDA, P. R. **Galileu e a teoria das marés**: Departamento de filosofia da Universidade de São Paulo. Caderno História Filosofia Ciência, série 3, v. 9, n.1- 2, p. 33-71, 1999.
- MARMER, H. A. Problems of Tides. **The Scientific Monthly**, Vol. 14, No. 3 (Mar., 1922), pp. 209-222.
- _____. “On Cotidal Maps.” **Geographical Review**, vol. 18, no. 1, 1928, pp. 129–143. JSTOR, www.jstor.org/stable/208766. Aesso em: 30 set. 2020.

McCULLY, James. **Beyond the Moon: A Conversational, Common Sense Guide to Understanding the Tides**: 1. ed.: World Scientific Publishing Company, 2006.

[OLIVEIRA FILHO, K. S.](#); [SARAIVA, Maria de Fátima Oliveira](#). **Astronomia & Astrofísica**. 3. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2014. v. 1.

_____. **Astronomia & Astrofísica**. [2020]. Disponível em: <<http://astro.if.ufrgs.br/fordif/node6.htm#SECTION00123000000000000000>>. Acesso em: 30 dez. 2020.

REZENDE, Priscilla Lima. **A lua e o comportamento das marés** / Priscilla Lima Rezende. – Ilhéus, BA: UESC, 2017. 73f. : il.

SILVEIRA, L.F. Marés, Fases principais da Lua e bebês. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v.20, n. 1: p.10-29, ABR. 2003. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/~lang/Textos/Fases_da_Lua_bebes.pdf> Acesso em: 30 dez. 2020.

VALENTIN, J. V.; MUELBERT, J. H.. Ambientes Marinhos. In: CASTELO, J. P.; KRUG, L. C. (Org.). **Introdução às Ciências do Mar**. Pelotas: Editora Textos, 2015. p. 314-380.

ZILBERG, C. et al. **Conhecendo Recifes Brasileiros: Rede de Pesquisas Coral Vivo**. Rio de Janeiro: Museu Nacional, UFRJ 2016.