



A Lua e os fenômenos físicos envolvidos:

Uma proposta de ensino sobre os pressupostos da Sequência Fedathi

Francisco Leandro de Oliveira Rodrigues^{1, #}

Oséas Araújo de Souza^{1, 2}

¹Universidade Estadual Vale do Acaraú, Sobral, CE, Brasil.

²Secretaria de Educação do Estado do Ceará, Morrinhos, CE, Brasil.

RESUMO

Este estudo apresenta um relato de experiência de sala aula abordando os conceitos e os fenômenos físicos relacionados à Dinâmica do sistema Terra-Lua baseada na metodologia de ensino conhecida como Sequência Fedathi, na modalidade de ensino remoto. O objetivo foi relatar os resultados alcançados nessa aplicação. O trabalho foi desenvolvido a partir de leituras sobre o uso de metodologias ativas no ensino de física e sobre a experiência do professor aplicador na preparação para olimpíadas de astronomia, como a OBA (Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica). O estudo foi elaborado por meio da abordagem qualitativa, com a coleta de dados sendo feita através da observação em sala de aula e em fórum e de um questionário de múltipla escolha. O trabalho foi desenvolvido em três fases: planejamento, implementação e discussão dos resultados. Como consequência disso, a Sequência Fedathi se mostrou uma metodologia de ensino eficiente no ensino de física, sendo claro, através do aumento no percentual de acertos e da análise da transcrição das respostas dos estudantes, o processo de aprendizagem logo após a aplicação da Sequência. Outro resultado importante foi a constatação de alguns problemas do ensino remoto, como: baixa participação, estudantes com internet de baixa qualidade e um número maior de fatores fora do controle do educador.

Palavras-chave: Lua; ensino de astronomia; Sequência Fedathi

1. Introdução

A Lua é o corpo celeste mais próximo da Terra e, portanto, o que apresenta movimento mais notável para nós, com exceção de corpos passageiros, como os meteoros [1]. Contudo, por mais comum que seja a Lua para nós, ainda há muitas concepções erradas sobre os fenômenos físicos relacionados a ela entre alunos do Ensino Médio [2].

Já com relação ao tema envolvendo o sistema Sol-Terra-Lua, verifica-se que são poucas as pesquisas realizadas, embora a maioria desses trabalhos aborde temas importantes do dia a dia, como as fases da Lua, as estações do ano, os eclipses e as distâncias Terra-Sol e Terra-Lua. Além disso, o uso de metodologias tradicionais ainda é predominante nessas pesquisas [3].

No ensino tradicional, o educando fica em uma posição de passividade no processo de ensino-aprendizagem, não participando do próprio aprendizado. Em contrapartida, o uso de metodologias ativas permite ao estudante ser um protagonista na aquisição do conhecimento. Nesse tipo de metodologia, o professor atua como um facilitador para que o aluno pesquise o assunto, reflita sobre ele e decida por si mesmo. Nesse sentido, a Sequência Fedathi tem se mostrado uma metodologia ativa eficaz, tendo em vista que ela trata o educando como pesquisador e sujeito ativo [4].

Diante disso, fica evidente a necessidade de propor uma sequência didática

abordando não só os fenômenos simples do sistema Terra-Lua, mas também os mais complexos, como a formação das marés, a sincronização do período orbital e sideral da Lua e a precessão do eixo de rotação, usando como metodologia de ensino a Sequência Fedathi. Nessa perspectiva, apresenta-se os objetivos geral e específicos deste trabalho:

1.1. Objetivo geral

Nessa pesquisa, tem-se como objetivo relatar a aplicação de uma sequência didática abordando o tema: A Dinâmica do sistema Terra-Lua, conforme os pressupostos da Sequência Fedathi.

1.2. Objetivos específicos

- Realizar uma pesquisa bibliográfica sobre a Dinâmica do sistema Terra-Lua e a Sequência Fedathi.
- Avaliar os resultados obtidos na aplicação da metodologia de ensino Sequência Fedathi em uma aula sobre a Dinâmica do sistema Terra-Lua.

Este trabalho está estruturado em cinco seções. A primeira aborda a contextualização do tema, os objetivos e a estrutura do trabalho. Na segunda seção, é apresentado um breve estudo bibliográfico sobre a Dinâmica do sistema Terra-Lua, contando um pouco a história da Gravitação até os fenômenos mais particulares do Sistema. Também é feita uma pesquisa bibliográfica sobre a Sequência Fedathi, metodologia de ensino aplicada. E, por fim, é realizada uma rápida explanação so-

No ensino tradicional, o educando fica em uma posição de passividade no processo de ensino-aprendizagem, não participando do próprio aprendizado. Nas metodologias ativas o estudante é um protagonista na aquisição do conhecimento

#Autor de correspondência. E-mail: rodrigues_oliveira@uvanet.br.

bre o ClassAction, uma ferramenta web que tem animações sobre o tema abordado. Na terceira seção, é descrita a metodologia seguida no trabalho, que é dividida em três fases: planejamento, implementação e avaliação dos resultados. Também é detalhada cada uma dessas fases e como cada uma ocorre. A parte central do trabalho é composta da quarta seção, em que se apresentam as discussões e todos os resultados obtidos com a proposta de plano de aula e sua aplicação. Na quinta seção, são apresentadas as principais conclusões do trabalho para enfim analisar se os objetivos propostos foram alcançados e se a metodologia aplicada no trabalho é eficaz.

2. Referencial teórico

Nesta seção, faz-se uma revisão bibliográfica dos temas norteadores deste trabalho, que são a Dinâmica do sistema Terra-Lua e a Sequência Fedathi.

2.1. Dinâmica do sistema Terra-Lua

Em 1687, Isaac Newton publicou seu livro *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* [5]. Nele, são apresentadas as três leis da mecânica: os conceitos de inércia, massa e força, o tratamento de trajetórias curvas e a formulação da lei da gravitação universal. Um problema importante que levou Isaac Newton à formulação da lei da gravitação universal foi tentar entender o fato de a Lua parecer sempre estar à mesma distância da Terra [6].

Embora a lei da gravitação universal tenha sido formulada por Newton, para chegar a tal lei, o cientista usou um apanhado de descobertas de outros, como Johannes Kepler, astrônomo alemão do século XVII. Baseado nos dados de observação de Ticho Brahe, Kepler resolveu o problema da órbita de Marte e formulou as três leis sobre o movimento dos planetas [7].

A primeira lei, conhecida como lei das órbitas, diz que a órbita dos planetas tem a forma de uma elipse, com o Sol ocupando um dos focos. Isso significa que a distância entre o planeta e o Sol sofre variações ao longo de sua órbita.

Já a segunda lei, conhecida como lei das áreas, diz que a reta unindo o planeta ao Sol varre áreas iguais em intervalos de tempo iguais. Como conse-

quência, temos uma velocidade orbital não constante do planeta. Quanto mais próximo o planeta estiver do Sol (periélio), maior será sua velocidade, e quanto mais distante do Sol (afélio), menor sua velocidade. Todavia, a razão com que a área A que é percorrida pelo raio vetor que liga o planeta até o Sol em um determinado intervalo de tempo Δt é conhecido como velocidade areolar, que é sempre constante. Matematicamente, a velocidade areolar é dada por

$$\Omega = \frac{A}{\Delta t}.$$

E a terceira lei, conhecida como lei harmônica, diz que o quadrado do período dos planetas é diretamente proporcional ao cubo da distância entre o planeta e o Sol. É descrita matematicamente como

$$\frac{T^2}{r^3} = K.$$

Isso implica que planetas com órbitas maiores se movem com menos velocidade em torno do Sol. Pode-se usar a terceira lei de Kepler para deduzir a lei da gravitação universal, como se pode ver em [1].

Isaac Newton sabia que a Terra exercia uma força de atração nos corpos próximos à sua superfície. Essa força produzia a aceleração centrípeta necessária para manter a órbita da Lua. Partindo disso, ele levantou a hipótese da existência de uma força de atração universal entre os corpos em qualquer parte do Universo [1].

Assim, Newton deduziu que a lei de atração entre o Sol e o planeta é dada por

$$F = -G \frac{mM}{r^2}.$$

Ou seja, a força de atração entre os dois corpos é diretamente proporcional ao produto da massa m do planeta pela massa do Sol, M , e é inversamente proporcional ao quadrado da distância, r . Newton deduziu que essa expressão é

universal, tal que através dela é possível determinar a força de atração entre quaisquer dois corpos [8].

Outro fato importante é que, antes de Newton publicar o *Principia*, Galileu Galilei já tinha trabalhos sobre a queda dos corpos e sobre a força da gravidade na Terra. Além disso, Nilton recebeu influência de Descartes, pois, segundo [9], Newton não teria podido formular

as leis da gravitação universal ou escrever tal obra sem a geometria analítica de Descartes. Inclusive, Newton, em um momento de modéstia, reconhece tal influência de Galileu, Descartes e outros cientistas em seus trabalhos em uma carta enviada ao cientista Robert Hooke, em 1676, que dizia: “Se enxerguei mais longe que outros homens, foi porque me ergui sobre ombros de gigantes” [9].

2.1.1. Forças gravitacionais diferenciais e as marés

Os corpos que apresentam simetria esférica agem, gravitacionalmente, como se toda a sua massa estivesse concentrada em único ponto, ou seja, agem como massas pontuais. Com isso, fica simplificado calcular suas influências gravitacionais. Porém, sabemos que os planetas não são perfeitamente esféricos. O principal motivo dessa imperfeição é o movimento de rotação e, em pequena parcela, as forças diferenciais gravitacionais responsáveis por causar o fenômeno das marés e a precessão do eixo de rotação da Terra. As forças gravitacionais diferenciais são forças que surgem dentro de um corpo extenso imerso no campo gravitacional de outro corpo mais distante. Essas forças são conhecidas como forças de maré [10].

Através da força gravitacional diferencial, sabe-se que as massas entre os corpos são grandezas diretamente proporcionais entre si. Porém, a Lua contribui mais que o Sol para o fenômeno das marés aqui na Terra, embora sua massa seja bem menor que a do Sol. Esse fato se dá devido à distância Terra-Sol ser muito grande em comparação à distância Terra-Lua. Em razão da força diferencial gravitacional ser inversamente proporcional ao cubo da distância, faz-se que o Sol tenha influência menor [1]. Ademais, de acordo com Oliveira e

A força de maré causada pela Lua é pelo menos duas vezes maior que a causada pelo Sol, e, quando os três astros estão alinhados, as forças se somam, causando as marés mais intensas

Newton não teria podido formular as leis da gravitação universal ou escrever tal obra sem a geometria analítica de Descartes

Saraiva [1], a força de maré causada pela Lua é pelo menos duas vezes maior que a causada pelo Sol, e, quando os três astros estão alinhados, as forças se somam, causando as marés mais intensas.

As marés são periódicas variações no nível das águas dos oceanos. O aumento do nível é chamado de fluxo e a diminuição do nível é chamada de refluxo. Ao maior nível alcançado é dado o nome de preamar ou maré cheia, e ao menor nível alcançado é dado o nome de baixa-mar ou maré baixa. Elas resultam da força gravitacional exercida pela Lua sobre a Terra e, em escala menor, da força gravitacional exercida pelo Sol sobre a Terra [12].

O conhecimento a respeito da correlação entre as marés e a Lua não é novidade. Há muito tempo, o homem já percebeu que os maiores desníveis entre maré cheia e maré baixa sempre acontecem nas fases de lua cheia e lua nova, enquanto menores desníveis ocorrem nas fases de quarto minguante e quarto crescente. Esse fato reforçava a ideia de que a Lua era a causadora das marés na Terra. A explicação para tal é que a força que a Lua exerce sobre um determinado ponto na Terra depende da distância entre esse ponto e a Lua. Como a Terra

tem um raio relativamente grande, pontos distintos estarão sujeitos a forças diferentes. Portanto, o lado da Terra mais próximo da Lua sofrerá a ação de uma força maior que a força sofrida pelo lado oposto. A força sofrida pelo centro da Terra será maior que a força sofrida pelo lado oposto à Lua e menor que a força sofrida pelo lado mais próximo dela. O resultado disso é que existirá uma força puxando a Terra no sentido da Lua e outra puxando para o lado oposto. A água, por ser um fluido, formará um bojo na direção da Lua e outro na direção oposta [13].

Durante o movimento de rotação da Terra, o bojo de água formado sempre fica voltado aproximadamente em direção à Lua. Portanto, se em um instante inicial um ponto da terra estiver voltado em direção à Lua, será maré cheia. Após seis horas, será maré baixa, pois a Lua estará aproximadamente a 90° desse ponto. Passadas 12 horas, se-

rá maré cheia novamente, tendo em vista que a Lua estará a 180° desse ponto. Assim, acontecem duas marés cheias a cada 24 horas e 50 minutos, que é a duração do dia lunar [1].

2.1.2. Precessão do eixo de rotação da Terra e a evolução do sistema Terra-Lua

As forças diferenciais produzidas na Terra pelos corpos do sistema solar, principalmente Sol e Lua, causam o fenômeno da precessão. Isso ocorre porque a Terra não é perfeitamente esférica, mas achatada nos polos e bojuda no equador. Somando isso ao fato de o plano do equador terrestre estar inclinado aproximadamente 23°26' em relação ao plano da eclíptica¹, que, por sua vez, está inclinado 5°8' em relação ao plano da órbita da Lua [14].

O resultado de tudo isso é que as forças diferenciais tendem não só a achatá-la ainda mais, mas também a alinhá-la com o eixo da eclíptica. Porém, como a Terra está girando, o eixo de rotação não se alinha com o plano da eclíptica, mas faz a precessão em torno dele.

A força de maré causada em uma partícula na Lua pela Terra é aproximadamente 20 vezes a força de maré em uma partícula na Terra pela Lua. Essa

é a causa da sincronização dos movimentos de rotação da Lua em torno do próprio eixo e do movimento de translação ao redor da Terra, fazendo com que uma mesma face da Lua esteja sempre voltada para a Terra. Embora esses movimentos sejam sincronizados, acredita-se que no passado foram diferentes. A sincronização aconteceu porque a Lua, em seu movimento de translação, tentava arrastar consigo os bojos de maré, produzindo atrito entre diferentes partes da Lua. Esse atrito causou na Lua uma perda de energia, diminuindo com o tempo a velocidade de rotação até sincronizar com o período de translação ao redor da

Terra. Portanto, as forças de maré tendem a sincronizar o período sideral e o período de revolução [1].

Outro fenômeno decorrente da interação gravitacional entre Terra e Lua é a nutação. Basicamente, a nutação é uma pequena oscilação no eixo de rotação da Terra. Esse fenômeno apresenta um ciclo de 18,6 anos [16].

Sendo assim, diversos são os efeitos decorrentes das forças de marés provocados no sistema Terra-Lua. Na próxima subseção, será feita a discussão sobre as fases da Lua.

2.1.3. As fases da Lua

A Lua é um dos corpos celestes que mais atrai a atenção daqui da Terra. Sua proximidade conosco proporciona belíssimos eventos, como suas fases e os eclipses. No decorrer dos dias, a porção da face iluminada da Lua varia, e essas variações são chamadas de fases. As fases decorrem das posições relativas entre Sol, Terra e Lua. As quatro principais são: lua nova, quarto crescente, lua cheia e quarto minguante [12]. A Fig. 1 mostra as posições relativas dessas configurações.

Na lua cheia, a Lua está com 100% de sua face voltada para a Terra iluminada e, tomando como referência a Terra, Sol e Lua estão em lados opostos, separados por aproximadamente 180° entre um e outro. Ignorando a inclinação da órbita lunar em relação à eclíptica, essa fase ocorre quando os três corpos estão alinhados. Nessa fase, a Lua permanece acima do horizonte durante toda a noite e se põe ao amanhecer. No decorrer dos dias, a porção da face ilu-

A Lua é um dos corpos celestes que mais atrai a atenção daqui da Terra. Sua proximidade conosco proporciona belíssimos eventos, como suas fases e os eclipses. No decorrer dos dias, a porção da face iluminada da Lua varia, e essas variações são chamadas de fases

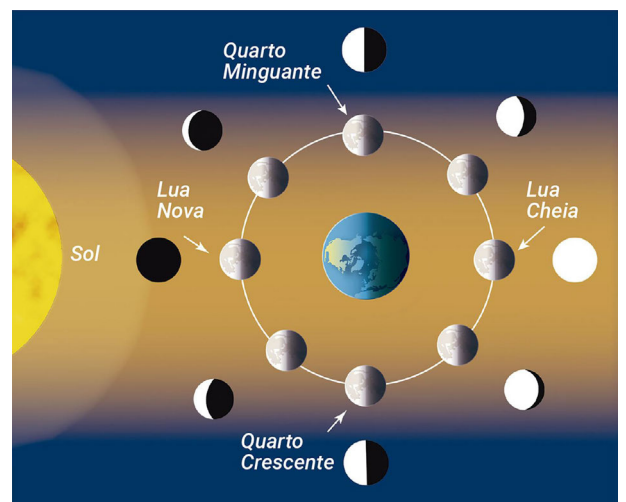


Figura 1 - Configuração Sol-Terra-Lua nas fases lunares. Fonte: chc².

minada passa a diminuir gradativamente e em aproximadamente 7 dias teremos a fase de quarto minguante [1].

Na fase de quarto minguante, 50% da face visível da Lua está iluminada e o ângulo formado entre Sol, Terra e Lua é de aproximadamente 90° . Nessa fase, a borda curva do semicírculo iluminado está voltada para o leste, ou seja, toda a parte leste visível está iluminada. Também é observado que a Lua nasce aproximadamente à meia-noite e se põe aproximadamente ao meio-dia [1]. Depois desse dia, a parte iluminada da Lua começa a diminuir até atingir 0% de iluminação.

Na fase da lua nova, toda a face visível da Lua está escura, pois o Sol está iluminando a face oposta à Terra. Nesse dia, a Lua nasce e se põe aproximadamente com o Sol. Ignorando a inclinação da órbita lunar em relação à eclíptica, essa fase ocorre quando os três corpos estão alinhados. A partir desse dia, a Lua vai ficando cada vez mais a leste do Sol e, portanto, o lado oeste da face visível começa a ser iluminado gradativamente e, após aproximadamente uma semana, teremos 50% da face visível iluminada novamente [1].

A fase quarto crescente acontece quando, após a lua nova, a Lua tem sua face visível 50% iluminada. Nessa fase, o ângulo formado entre Sol, Terra e Lua é de aproximadamente 90° [16] e tem a borda curva do semicírculo iluminado voltada para oeste. Nesse dia, a Lua nasce aproximadamente ao meio-dia e se põe aproximadamente à meia-noite. Passando-se os dias, a parte visível da Lua é cada vez mais iluminada até chegar novamente à fase da lua cheia [1].

O modelo de explicação descrito até agora não leva em conta a inclinação do plano da órbita lunar em relação ao plano da eclíptica, que é de $5^\circ 8'$. Se levarmos em conta esse modelo com o Sol, a Lua e a Terra na mesma direção e no mesmo plano, teríamos a cada lua nova um eclipse solar e a cada lua cheia um eclipse lunar, porém sabe-se que isso não ocorre.

2.1.4. Eclipses

Os eclipses são notáveis espetáculos celestes observáveis a olho nu e, ao longo de séculos, a humanidade tem se encantado em ver eclipses solares e lunares [17]. Eles são o resultado do alinhamento do sistema Terra-Sol-Lua. O plano da órbita da Lua tem uma inclinação de aproximadamente $5^\circ 3'$, por isso não temos a ocorrência de eclipses a cada lua nova ou a cada lua cheia. Por-

tanto, para que ocorra um eclipse, as duas condições devem ser satisfeitas:

- i. O plano da órbita da Lua deve coincidir com o plano da eclíptica, ou próximo dele e;
- ii. A Lua deve estar na fase de lua nova ou cheia;

Quando essas condições são satisfeitas, teremos o alinhamento do sistema Terra-Sol-Lua. Se o alinhamento acontecer na lua cheia, ocorrerá um eclipse lunar, e se o alinhamento acontecer na lua nova, ocorrerá um eclipse solar.

Outro detalhe a se considerar é que, levando em consideração apenas a inclinação na órbita lunar em relação à eclíptica, ocorreriam eclipses solares e lunares duas vezes ao ano, a cada seis meses. Isso não acontece devido ao fenômeno da precessão da órbita lunar que dura aproximadamente 18,6 anos, intervalo de tempo denominado Período de Saros [18].

Existem seis tipos de eclipses. Destes, três são solares e três são lunares. Os eclipses solares são classificados como:

- Eclipse solar parcial: Quando a Terra entra na penumbra projetada pela Lua.
- Eclipse solar anular: Quando o vértice da umbra projetada pela Lua não atinge a Terra.
- Eclipse solar total: Quando a Terra entra na umbra projetada pela Lua.

Já os eclipses lunares são classificados como (ver Fig. 2):

- Eclipse lunar penumbral: Quando a Lua fica inteiramente imersa na umbra da Terra.
- Eclipse lunar parcial: Quando parte da lua cheia passa pela umbra da Terra e outra passa apenas pela penumbra.
- Eclipse lunar total: Quando a Lua fica inteiramente imersa na umbra da Terra e é sempre acompanhado das fases penumbral e parcial [1].

2.2 Sequência Fedathi

A metodologia de ensino aplicada nessa experiência foi a Sequência Fedathi (SF). Essa sequência foi apresentada formalmente pelo matemático e professor da Universidade Federal do Ceará (UFC) Dr. Hermínio Borges Neto em sua pesquisa de pós-doutorado, em 1996. Logo depois, foi criado o Grupo de Pesquisa em Educação Matemática (GEM), onde pesquisadores, professores e alunos de pós-graduação da Faculdade de Educação da UFC discutem os temas referentes à didática da matemática.

Com relação à Sequência Fedathi, [19] afirma que essa propõe que o aluno ao se deparar com um problema novo, deve reproduzir os passos que um matemático realiza quando se debruça sobre seus ensaios, abordando os dados da questão, experimentando vários caminhos que possam levar a solução,

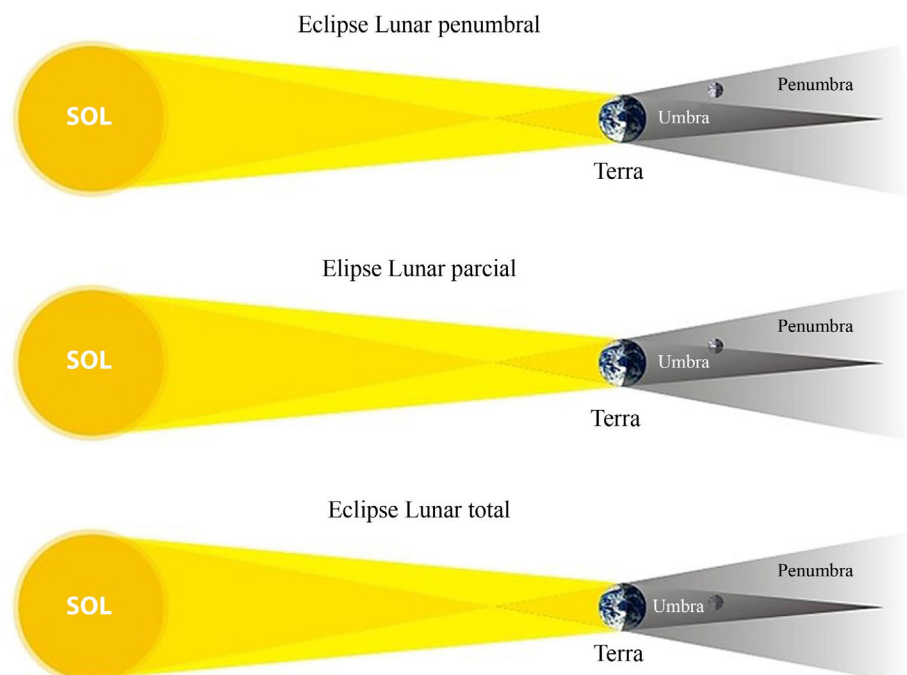


Figura 2 - Eclipses lunares. Fonte: Planetario de Montevideo³.

analisando possíveis erros, buscando conhecimentos para constituir a solução, testando os resultados para saber se errou e onde errou, corrigindo e montando um modelo. Essa sequência se apresenta em quatro etapas denominadas: I - Tomada de posição; II - Maturação; III - Solução e IV - Prova. A seguir, uma descrição minuciosa dessas etapas.

- i. Tomada de posição: Nessa etapa, o professor apresenta um problema ao aluno. Esse problema deve partir de uma situação que tem relação com o conhecimento a ser adquirido e também deve ser generalizável. A apresentação do problema pode ser feita de diferentes formas, como a apresentação de uma questão, uma pergunta, um jogo ou um experimento. Tendo consciência do nível dos educandos, é nessa etapa que o professor cria regras para nortear a aula e a interação esperada entre aluno-professor e aluno-aluno.
- ii. Maturação: O professor deve iniciar as discussões em torno do problema proposto dando subsídios aos estudantes, mas sem dar respostas prontas, estimulando-os a buscar as respostas sozinhos. Eles devem tentar descobrir os possíveis caminhos para resolver o problema proposto e o professor deve acompanhar, questionar e fomentar a discussão. Nessa etapa, são muito importantes os questionamentos, tanto por parte do professor quanto da parte dos estudantes. É por meio dos questionamentos que os alunos chegam a reflexões, hipóteses e formulações sobre a solução do problema.
- iii. Solução: O professor encoraja os estudantes a apresentarem suas conclusões sobre o problema proposto diante do grupo. É importante que as ideias sejam postas diante do grupo para que sejam debatidas e suas soluções sejam colocadas à prova. Obviamente, é nessa etapa que o professor terá a clareza se os estudantes entenderam o problema proposto. As soluções propostas podem conter erros e acertos. Portanto, cabe ao professor mostrar aos alunos nesta fase que a construção de conhecimentos envolve erros, acertos e confrontação de ideias. Logo, o raciocínio também deve ser levado em conta.
- iv. Prova: O professor expõe a solução

do problema proposto de forma sistemática e organizada, partindo das soluções propostas pelos estudantes, inclusive corrigindo seus erros. É a etapa mais próxima da aula tradicional expositiva. É neste momento que são estabelecidas relações que envolvem o saber em questão e seu processo de validação [20].

Conforme a Ref. [21], na etapa da tomada de posição, o professor faz uma contextualização do conhecimento a ser estudado, podendo usar as mais diversas formas para apresentar o assunto aos estudantes, tais como: uma situação-problema, um jogo, um experimento, uma pergunta, uma simulação, etc. Antes de iniciar, é crucial que professor e alunos façam o pacto didático. Ademais, ao iniciar a Sequência Fedathi, é importante o educador levar em conta as experiências vividas pelos estudantes, envolvendo o objeto do conhecimento estudado. Esse momento é conhecido como *Plateau*.

O mesmo ainda afirma que, na maturação, as discussões em torno da situação-problema partem do professor como mediador. É nesse momento que os alunos devem buscar entender o problema e buscar possíveis soluções. O professor deve intermediar respondendo aos questionamentos deles com perguntas estimuladoras, esclarecedoras e orientadoras, sem nunca dar respostas prontas.

Já na solução, os alunos deverão apresentar os modelos encontrados para a solução do problema proposto no início. Essa apresentação pode ser através da linguagem matemática ou mesmo de desenhos, gráficos, esquemas e verbalizações. É importante que cada modelo seja colocado à prova e ocorra troca de opiniões e de pontos de vista. Nessa etapa, é normal que apenas alguns alunos ou grupos consigam resolver o problema de diferentes formas [22].

Na prova, depois das discussões sobre os modelos apresentados pelos alunos, o professor deve apresentar o novo conhecimento que culminará na resolução do problema proposto. A didática do professor será decisiva nessa fase,

pois, além de ter que manter a atenção e motivação do grupo, o professor precisará fazer uma conexão entre os modelos apresentados e o modelo matemático científico a ser apreendido; deverá introdu-

zir o novo saber mediante sua notação simbólica em linguagem matemática, juntamente com as novas regras inerentes a esse conhecimento [19].

A Sequência Fedathi foi pensada inicialmente como uma metodologia de ensino da matemática, porém, neste trabalho, será usada como metodologia de ensino de física, com as devidas adaptações. Nesse sentido, já existem trabalhos publicados. Por exemplo, Silva e cols. [23] relatam uma experiência da aplicação da Sequência Fedathi no ensino de física na forma de um minicurso para voluntários do primeiro ano de uma escola de Ensino Médio da cidade de Juazeiro do Norte, região caririense do estado do Ceará. Os resultados alcançados foram bastante promissores e mostraram que a Sequência Fedathi, proposta desse trabalho, também pode ser usada no ensino de física.

2.3. ClassAction

Para a tomada de posição da SF, será usado, além das ferramentas auxiliares, o ClassAction, um software gratuito que conta com questões, imagens e simulações de astronomia. Sua tela inicial é dividida em módulos e alguns deles têm animações voltadas para o contexto deste trabalho, como a simulação de eclipses, de marés e das fases da Lua (ver Fig. 3).

São diversos os trabalhos que usam o ClassAction, principalmente para pesquisas voltadas para o ensino de astronomia e do comportamento da curva de emissão de um corpo aquecido para ilustrar o fenômeno da emissão de radiação pelos corpos aquecidos [24]. Demonstra os movimentos de rotação e translação da Terra, por exemplo, além de representar as diferenças de inclinação dos raios solares que atingem o planeta no decorrer do ano [25] e relação entre as massas de uma estrela hospedeira e de um exoplaneta orbitando essa estrela [26].

Além disso, por mais que o professor seja eficiente em explicar e desejar uma simulação, o uso dessa ferramenta digital lhe ajuda a explicar de forma clara esses fenômenos, poupando-lhe todo esse trabalho. Dessa forma, o ClassAction é uma ferramenta que contribui bastante para o processo do professor na tomada de posição da SF.

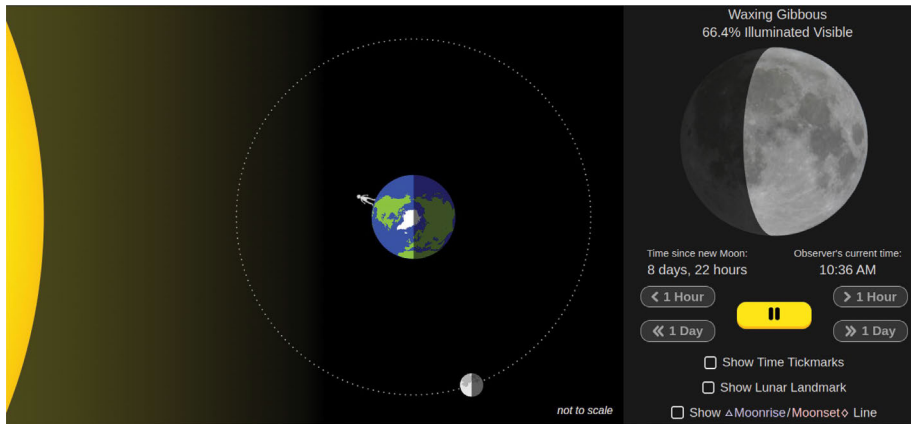


Figura 3 - Simulador de fases lunares. Fonte: *ClassAction*⁴.

3. Metodologia

Este trabalho teve como finalidade a realização de um relato de experiência visando conhecer os resultados da metodologia de ensino Sequência Fedathi aplicada ao conteúdo sobre a Dinâmica do sistema Terra-Lua. A pesquisa foi desenvolvida em seis turmas de 2ª série da Escola Estadual M. J. M., localizada no município de Morrinhos, Ceará. Devido à pandemia de covid-19, todas as aulas foram realizadas remotamente através das ferramentas Google

Meet, Google Classroom e WhatsApp.

O tipo de pesquisa realizado neste trabalho foi o relato de experiência. Ele descreve sistematicamente uma dada experiência considerada importante para a documentação de uma determinada área de estudo. O relato de experiência, de forma geral, deverá conter informações sobre a aula realizada, conforme informações do planejamento e resultados alcançados. Dessa maneira, faz-se a relação entre teoria e prática, conhecimentos desenvolvidos no curso e aplicados na sala de aula. A aborda-

gem usada neste trabalho foi qualitativa, em que, segundo [27], o pesquisador procura entender os fenômenos de acordo com a perspectiva dos participantes da situação estudada e, a partir daí, situa-se na interpretação dos fenômenos estudados.

Os conteúdos abordados durante as aulas foram as características do sistema Terra-Lua (distância, centro de massa, comparação dos tamanhos, órbita, fases da Lua e eclipses) e a Dinâmica do sistema Terra-Lua (a interação gravitacional entre Terra e Lua; as marés; os tipos de marés; a explicação física para o fenômeno das marés; comparação entre marés lunares e lunissolares).

A execução da pesquisa foi dividida em três etapas: planejamento, implementação e avaliação dos resultados. A primeira etapa da pesquisa foi realizar um planejamento das atividades pedagógicas que seriam desenvolvidas. Nela, foi criado um plano de aula (*Quadro 1*) detalhando os objetivos, os conteúdos abordados, as ferramentas utilizadas, o cronograma e a metodologia de ensino. A segunda etapa foi a implementação do plano de aula nas turmas, que foi dividida em 4 horas/aula conforme o cronograma presente no

Quadro 1: Plano de aula de aplicação da SF em sala de aula.

Objetivos	Objetivo geral: Compreender algumas características da Dinâmica do sistema Terra-Lua, bem como os principais fenômenos relacionados a ela. Objetivos específicos: <ul style="list-style-type: none"> • Conhecer as principais características do sistema Terra-Lua; • Compreender alguns fenômenos físicos resultantes da interação gravitacional entre Terra e Lua; • Reconhecer os tipos de marés e relacioná-los com a configuração do sistema Sol-Terra-Lua; • Comparar o efeito de maré provocado pela Lua na Terra com o feito de maré provocado pelo Sol na Terra.
Conteúdo	Características do sistema Terra-Lua <ul style="list-style-type: none"> • Distância, centro de massa, comparação dos tamanhos, órbita, fases da Lua e eclipses. A Dinâmica do sistema Terra-Lua <ul style="list-style-type: none"> • A interação gravitacional entre Terra e Lua; • As marés; • Os tipos de marés; • A explicação física para o fenômeno das marés; • Comparação entre marés lunares e lunissolares; • A rotação sincronizada da Lua; • Precessão e nutação do eixo de rotação da Terra.
Metodologia	A metodologia de ensino usada nessa aula será a Sequência Fedathi. Nessa sequência, a aula é dividida em quatro etapas: <ul style="list-style-type: none"> • Tomada de posição: Nessa etapa, o professor apresenta uma situação-problema à turma ou inicia falando sobre o tema da aula de forma a chamar a atenção dos alunos. • Maturação: Partindo da primeira etapa, o professor faz perguntas norteadoras à turma. Nessa etapa ocorre a discussão sobre a situação-problema apresentada no início. • Solução: Os alunos apresentarão suas hipóteses sobre a solução do problema. • Prova: Por fim, o professor, partindo das respostas dos estudantes, fará uma exposição organizada das ideias discutidas na aula.
Recursos didáticos	<ul style="list-style-type: none"> • Físicos: Notebook com acesso à internet. • Digitais: Microsoft PowerPoint, <i>player</i> de vídeo, Whatsapp, Google Meet, Google Classroom, simuladores.
Cronograma	O cronograma desta aula está disposto seguindo as etapas da Sequência Fedathi: <ul style="list-style-type: none"> • Apresentação à turma, explicação sobre a pesquisa e aplicação do questionário. (15 min)

	<ul style="list-style-type: none"> • Exposição através de <i>slides</i>, vídeo e simulação, das características e fenômenos do sistema Terra-Lua. (25 min) - Tomada de posição. • Divisão da turma para discussão das perguntas norteadoras. (60 min) - Maturação. • Apresentação das soluções e das ideias propostas pelos estudantes. (30 min) - Solução. • Exposição final do professor sobre o tema abordado, partindo das soluções propostas pelos estudantes, inclusive valorizando os erros. (50 min) - Prova. • Aplicação do questionário final. (20 min).
Avaliação	Formativa, com o objetivo de verificar o desenvolvimento e a participação dos alunos, assim como seu envolvimento e interação no decorrer das atividades. Ao final, será proposto um questionário sobre o tema estudado para analisar os resultados.
Referências	<p>[1] M.D.F.O. Saraiva, <i>Astronomia & Astrofísica</i> (Editora Livraria da Física, São Paulo, 2004).</p> <p>[2] J.R. Santana, H. Borges Neto, <i>Sequência Fedathi: Uma Proposta de Mediação Pedagógica na Relação Ensino/Aprendizagem. Filosofia, Educação e Realidade</i> (Ed. UFC, Fortaleza, 2003).</p> <p>[3] Projeto Bióicos, <i>O Incrível Fenômeno das Marés: Uma Onda Oceânica</i>. Disponível em https://www.bioicos.com.br/post/o-incrivei-fenomeno-das-mares-uma-onda-oceanica Acesso em 03 de Junho de 2021.</p> <p>[4] Software gratuito <i>ClassAction</i> v. 2.3. Disponível em https://unl.app.box.com/s/c34m8afh94parwefn6711eoo61xn9j3 . Acesso em 3 de Junho de 2021.</p>

plano. Observe que todas as etapas da SF estão postas de forma clara no plano de aula. Neste trabalho, devido à pandemia de covid-19 e, conseqüentemente, as aulas serem remotas, a SF foi aplicada em dois dias diferentes. É importante frisar que ela geralmente é aplicada em apenas uma sessão didática, porém existem trabalhos publicados em que a SF é aplicada em duas sessões didáticas, como é o caso de [28].

No dia 1, foi aplicada a primeira parte do plano de aula. As ferramentas usadas foram Google Meet e Google Classroom. Ocorreram alguns problemas iniciais: perda de conexão com a internet, alunos entrando e saindo da sala e atraso de alguns na entrada da aula. Inicialmente foi explicado aos estudantes a pesquisa e a importância de seguir o cronograma combinado. Também foi estabelecido o pacto didático.

Dando continuidade, o professor iniciou uma breve explicação sobre o sistema Terra-Lua usando o recurso *slides* e o software livre *ClassAction*. Os temas abordados foram: distância, centro de massa, comparação dos tamanhos, órbita, fases da Lua e eclipses. Concluindo esse momento, foi dado início à segunda parte da aula. Usando grupos já formados (projeto da escola), a turma foi direcionada para um fórum no Google Classroom para iniciar a discussão sob a ótica de três perguntas norteadoras (PN): PN1: Como explicar a relação entre as fases lunares e a intensidade das marés? PN2: Como explicar a formação de dois bojos de água, um no sentido da Lua e outro no sentido

oposto?; PN3: O Sol influencia no nível das marés?

No dia 2, foi aplicada a segunda parte do plano. As ferramentas utilizadas foram Google Meet e o aplicativo gratuito *ClassAction*. Inicialmente foi aberto espaço para a apresentação das equipes sobre as perguntas norteadoras. Das nove equipes que foram formadas, oito apresentaram. Nas apresentações, foi perceptível a exploração do tema por parte dos estudantes, mostrando que o assunto foi bem estudado e que as respostas das perguntas norteadoras foram encontradas. Dando continuidade, o professor, partindo das respostas certas e erradas dos estudantes, fez a exposição usando os mesmos recursos das aulas anteriores, abordando os seguintes temas: A interação gravitacional entre Terra e Lua; As marés; Os tipos de marés; A explicação física para o fenômeno das marés; Comparação entre marés lunares e lunissolares. Finalizando, foi aplicado o questionário final.

Na terceira etapa, foram realizadas a análise dos dados obtidos através da observação durante a execução do plano e a comparação das respostas dos questionários. Dois questionários foram aplicados: um no início e outro no final da sequência. Cada questionário foi dividido em duas partes: I - Conhecimentos empíricos sobre o sistema Terra-Lua e suas características gerais, como: distância, fases lunares e eclipses. II - Conhecimentos da física envolvendo o sistema Terra-Lua e o fenômeno das marés.

4. Resultados e Discussões

A aplicação da Sequência Fedathi ocorreu nos dias 8 e 15 de junho de 2021, das 07h50min às 09h30min, nas turmas 2° A, 2° B e 2° C, sendo cinco equipes com cinco alunos cada e uma equipe de seis na turma 2° A, uma equipe com seis no 2° B e uma de cinco e outra de seis alunos no 2° C. As aulas aconteceram de forma remota por conta da pandemia de covid-19. Um fator negativo da aplicação da metodologia nesse período é a facilidade que os alunos têm de pesquisar as respostas, sendo possível a interferência nos resultados. Outro fator a ser considerado é o conhecimento prévio que o professor tem da turma, pois é professor regente da disciplina de física da escola.

Devido à pandemia, o percentual de participação nas aulas e o preenchimento do questionário foram muito baixos. De fato, a pandemia afetou muito a escola com o ensino remoto. A baixa participação não é uma exclusividade dessa escola. Os autores da Ref. [29]

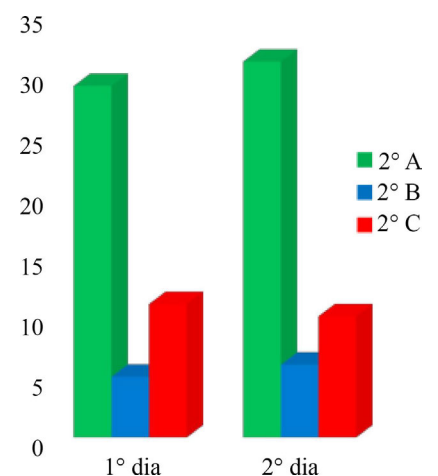


Figura 4 - Quantidade de participação de alunos por turma.

relatam uma experiência parecida em uma escola de Ensino Médio no estado de Minas Gerais. Outro dado importante é a quantidade de participação de alunos por turma: nos dois dias, a turma 2° A teve uma participação muito acima das outras (ver Fig. 4). Isso se deve ao fato de a escola separar as turmas de acordo com o rendimento acadêmico dos estudantes. Além disso, na etapa da solução, das oito equipes que apresentaram, seis eram da turma A, sendo que a turma que não apresentou foi a do 2° C. Outro dado importante foi a quantidade de alunos por turma participando da aula em relação à quantidade de alunos matriculados (ver Fig. 5). Foi observado um baixo índice de participação em cada turma, resultado principalmente do período pandêmico e da situação socioeconômica dos alunos.

No desenvolvimento da Sequência Fedathi, iniciou-se a etapa da tomada de posição com a apresentação dos tópicos abrangendo os conhecimentos empíricos sobre o sistema Terra-Lua e as características gerais, como distância, fases lunares e eclipses, e uma pequena introdução sobre as marés. Os recursos usados foram a apresentação de slides e as simulações no software ClassAction. Já nessa etapa, foram percebidos a boa participação e interação dos estudantes e o conhecimento parcial deles acerca do assunto.

Na etapa da maturação, depois da apresentação dos conhecimentos básicos, foram lançados aos estudantes três problemas envolvendo o sistema Terra-Lua. Desse ponto em diante, as discussões foram em torno desses problemas, conhecidos na Sequência Fedathi como Perguntas Norteadoras (PN). Ficou claro que os alunos pesquisaram e discutiram as PN. Algumas questões, foram respondidas corretamente de forma parcial.

No Quadro 2, há a transcrição das respostas de alguns estudantes, parte referente à solução da metodologia da

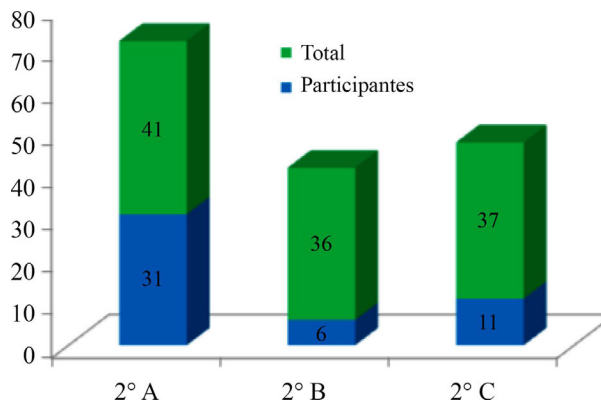


Figura 5 - Quantidade de alunos por turma participando da aula em relação à quantidade de alunos matriculados, evidenciado na maturação da SF.

SF. Nas apresentações, ficou claro o comprometimento e o entusiasmo das equipes com as apresentações usando slides, softwares de simulações e até vídeos de curta-metragem no aplicativo TikTok.

Finalizando, na etapa da Prova, partindo das soluções propostas pelos estudantes e das PN, o professor fez uma exposição sobre os principais fenômenos do sistema Terra-Lua valorizando a participação da turma e sempre se baseando nas soluções propostas por eles. Mesmo nessa etapa, a partici-

pação dos estudantes foi satisfatória, com exceção de alguns que ligavam o microfone para falar sobre coisas alheias ao conteúdo, interrompendo brevemente o andamento da aula.

Com relação aos questionários aplicados, na Fig. 6, está representado o comparativo dos percentuais de acertos das questões nos dois questionários. Como já mencionado, o questionário foi dividido em duas partes: I - Conhecimentos empíricos sobre o sistema Terra-Lua e características gerais, como: distância, fases lunares e eclipses (ques-

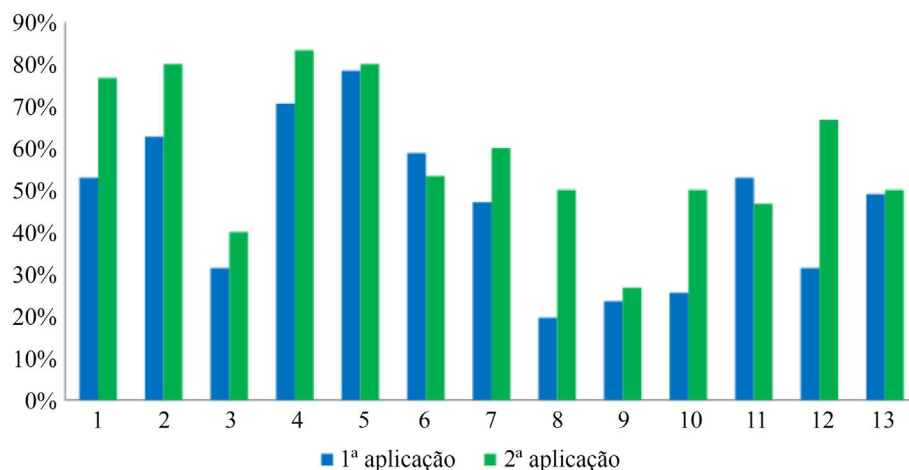


Figura 6 - Comparativo do percentual de acertos nos dois dias.

Quadro 2: Transcrição das respostas dadas, evidenciando a solução da SF.

Estudante	Pergunta Norteadora (PN)	Resposta dada
A.J.S.R (Aluno 1)	PN1	Quando o Sol, a Lua e a Terra estão alinhados, a soma das forças gravitacionais se multiplica e então a maré mais alta acontece. Quando eles formam um ângulo reto, as forças gravitacionais se neutralizam e obtém-se a maré mais baixa.
N.L.S (Aluno 2)	PN2	Em relação ao centro da Terra, um lado está sendo puxado na direção da Lua e o outro lado está sendo puxado na direção contrária. A maré do lado oposto não é causada pela rotação da Terra. Como a água flui muito facilmente, ela se “empilha” nos dois lados da Terra, que fica com um bojo de água na direção da Lua e outro na direção contrária.
N.M.S.L. (Aluno 3)	PN3	O Sol, mesmo estando 390 vezes mais distante da Terra que a Lua, também influi no comportamento das marés, embora a atração solar corresponda a apenas 46% da lunar.

tões 1 a 7). II - Conhecimentos da física envolvendo o sistema Terra-Lua e o fenômeno das marés (questões 8 a 13).

Através deste comparativo e das respostas dos estudantes transcritas anteriormente, é possível fazer algumas conclusões sobre o resultado alcançado na aplicação da Sequência Fedathi. Em primeiro lugar, a pandemia afetou de forma significativa o percentual de participação dos estudantes nas aulas. Isso se deve ao fato de muitos não terem condições financeiras de adquirir um bom equipamento e um bom provedor de internet. Com isso, a única forma de a escola alcançar esses alunos é por meio de atividades impressas entregues a eles mensalmente. Em segundo lugar, eles pesquisaram e discutiram de forma satisfatória as PN. Isso ficou perceptível na etapa da Maturação e da Solução com a apresentação dos estudantes usando diversos materiais para explicar com clareza as possíveis resoluções. Em terceiro lugar, o comparativo dos percentuais de acerto mostra que ocorreu o processo de aprendizagem, tendo em vista que houve aumentos significativos nos percentuais da maioria das questões propostas.

5. Considerações Finais

Ao iniciar o trabalho de pesquisa, constatou-se que os alunos da Escola Estadual M.J.M. apresentavam dificuldades em compreender fenômenos físicos relacionados ao sistema Terra-Lua, principalmente os relacionados à Dinâmica. Por isso, foi necessário realizar um estudo sobre a Dinâmica do sistema Terra-Lua na forma de um relato de ex-

periência. Ou seja, partindo da constatação das dificuldades, foi elaborado um plano de aula sobre o tema, avaliando os resultados após a aplicação. A ideia de usar a Sequência Fedathi como metodologia de ensino surgiu após leituras sobre as potencialidades desta metodologia aplicada ao ensino da matemática e da física.

Diante disso, a pesquisa teve como objetivo geral relatar a aplicação de uma sequência didática abordando o tema: A Dinâmica do sistema Terra-Lua, conforme os pressupostos da Sequência Fedathi. Constatou-se que o objetivo geral foi atendido, pois o plano de aula foi proposto efetivamente, aplicando e relatando os resultados neste trabalho.

O objetivo específico inicial era realizar uma pesquisa bibliográfica sobre a Dinâmica do sistema Terra-Lua, sobre a Sequência Fedathi e sobre o ClassAction. Ele foi atendido, pois na seção 2.1, deste trabalho foi realizada a pesquisa bibliográfica sobre o sistema Terra-Lua e os fenômenos físicos envolvidos e nas seções 2.2 e 2.3 foram abordados, respectivamente, a metodologia Sequência Fedathi e o software ClassAction. Além disso, foi elaborado um plano de aula sobre o tema proposto, detalhando o objetivo geral, objetivos específicos, con-

teúdos, cronograma, metodologia e referências. Em seguida, esse plano de aula foi aplicado nas turmas de 2º anos da Escola de Ensino Médio M.J.M., localizada no município de Morrinhos, Ceará. Na seção 3 deste trabalho, há o cronograma detalhado das aplicações nos dias 8 e 15 de junho de 2021, com um breve relato sobre cada aula. Finalizando, foi realizada uma análise qualitativa dos resultados obtidos através dos questionários e da observação durante

sua aplicação em sala de aula.

Os resultados obtidos mostraram que o ensino remoto, adotado nas escolas devido à pandemia de covid-19, trouxe à tona problemas socioemocionais e econômicos dos estudantes, como: infrequência alta, baixa participação nas aulas, alunos sem acesso à internet e um número maior de fatores

fora do controle do professor. Com relação à SF, apesar dos problemas na aplicação, os resultados obtidos através da análise das respostas dos estudantes e da comparação do índice de acerto do questionário mostraram que ocorreu a aprendizagem.

Recebido em: 19 de Junho de 2022

Aceito em: 7 de Setembro de 2022

[...] a pesquisa teve como objetivo geral relatar a aplicação de uma sequência didática abordando o tema: A Dinâmica do sistema Terra-Lua, conforme os pressupostos da Sequência Fedathi. Constatou-se que o objetivo geral foi atendido pois o plano de aula foi proposto efetivamente, aplicando e relatando os resultados neste trabalho

Notas

¹A eclíptica é a intersecção do plano do sistema solar e da esfera celeste.

²Disponível em: <https://chc.org.br/artigo/fases-da-lua/>. Data de acesso: setembro de 2022.

³Disponível em: <https://planetario.montevideo.gub.uy/actividades/luces-y-sombras-en-el-cielo-0>. Data de acesso: setembro de 2022.

⁴Disponível em: <https://contrib.pbslearningmedia.org/WGBH/buac19/buac19-int-moonphaseint/index.html>. Data de acesso: setembro de 2022.

Referências

- [1] M.D.F.O. Saraiva, *Astronomia & Astrofísica* (Editora Livraria da Física, São Paulo, 2004).
- [2] G. Iachel, R. Langhi, R.M.F Scalvi, *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia* 5, 25 (2008).
- [3] B. Bussi, P.S. Bretones, in: *9º Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências* (ABRAPEC, Rio de Janeiro, 2013), p. 1-8.
- [4] D.B. Menezes, R.N.B. Cavalcante, in: *Encontro Nacional de Educação*, disponível em https://editorarealize.com.br/editora/ebooks/conedu/2019/ebook2/PROPOSTA_EV127_MD4_ID8016_01082019234210.pdf (2016).
- [5] I. Newton, *Principia: Princípios Matemáticos de Filosofia Natural - Livro I* (Ed.USP, São Paulo, 2002), 2 ed.
- [6] C.E. Aguiar, D. Baroni, C. Farina, *Revista Brasileira de Ensino de Física* 31, 4301 (2009). doi
- [7] V.G. Garcia, *A Gravitação Universal na Filosofia da Natureza de Isaac Newton*. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Paraná, 2010.
- [8] A.T. Piza, *Revista Usp* 32, 222 (1996).
- [9] R.P. Brennan, *Gigantes da Física: Uma História da Física Moderna Através de Oito Biografias* (Jorge Zahar, Rio de Janeiro, 1998).
- [10] F.P. da Silva, *O Fenômeno das Marés: Gravitação e Astronomia numa Proposta de Unidade de Ensino Potencialmente Significativa para o Ensino Médio*. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Espírito Santo, 2016.
- [11] P.M.P. Benedito, F. Albarici, J.L.A. Trabanco, *Rev. Bras. de Cartografia* 70, 114 (2018).

- [12] R. Boczko, *Conceitos de Astronomia* (Editora Blücher, São Paulo, 1984).
- [13] P.M.B. Mantellatto, *As Influências da Lua na Terra e o Fenômeno das Marés*. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2012.
- [14] M.S. Reboita, A. de Paula Pimenta, U.A. Natividade, *Terræ Didactica* **11**, 67 (2015).
- [15] D. Blitzkow, A.C.O.C. Matos, G.N. Guimarães, S.M.A. Costa, *Revista Brasileira de Cartografia* **635**, 633 (2011).
- [16] F.L. Silveira, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **23**, 300 (2001). [doi](#)
- [17] J. W. da Silva Bernardino, *Holos* **36**, e5591 (2020), disponível em <https://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/5591/pdf>.
- [18] D.S. Amorim, *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia* **23**, 53 (2017).
- [19] F.E.E. de Sousa, F.H.L. Vasconcelos, H. Borges Neto, I.P. de Lima, M.J.C. dos Santos, V.S. de Andrade, *Sequência Fedathi: Uma Proposta Para o Ensino de Matemática e Ciências* (Edições UFC, Fortaleza, 2013). Disponível em https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/47513/1/2013_liv_feesousa.pdf.
- [20] J.R. Santana, H. Borges Neto, E.M. Rocha, in: *XIII Encontro Nacional de Educação Matemática*, Pernambuco (2004).
- [21] M.J.C. dos Santos, *Revista Lusófona de Educação* **38**, 38 (2017).
- [22] F.R.V. Alves, H.B. Neto, *Conexões-Ciência e Tecnologia* **3**, 30 (2009).
- [23] A.F.G. Silva, A.I.E. de Souza, F.A.S. Nobre, in: *Sequência Fedathi: Uma Proposta Para o Ensino de Matemática e Ciências* (Edições UFC, Fortaleza, 2013), p. 119-128.
- [24] F.B. Santana, P.J.S. dos Santos, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* **34**, 555 (2017).
- [25] T.R. Hansen, A.A. Leonel, R.A. dos Santos, C. de Oliveria Lobo, *Revista Insignare Scientia-RIS* **3**, 551 (2020).
- [26] R.G.G. Amorim, W.C. Santos, *Revista Brasileira de Ensino de Física*, **39**, e1310 (2017). [doi](#)
- [27] J.L. Neves, *Caderno de Pesquisas em Administração* **1**, 1 (1996).
- [28] R.N.B. Cavalcante, D.B. Menezes, in: *VI Congresso Nacional de Educação*, Fortaleza (2020).
- [29] V. do Carmo Abreu, N.L. da Silva, P.M. Gribel, R.B. Fernandes, J.V. Garcia, *Pesquisa e Debate em Educação* **10**, 1371 (2020).