



Valorização da ciência e do ensino de Física através da comunicação teatral

Valuing science and the teaching of Physics through theatrical communication

Ederaldo Bueno de Macedo Junior¹, Edegar Benedetti Filho², James Alves de Souza^{*2}

¹Escola Estadual Coronel Venâncio, Mogi Mirim, SP, Brasil.

²Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Física, Química e Matemática, Sorocaba, SP, Brasil.

Recebido em 22 de novembro de 2024. Revisado em 16 de janeiro de 2025. Aceito em 18 de fevereiro de 2025.

A comunicação científica dentro e fora das salas de aula é o principal meio para fornecer uma compreensão adequada sobre como a ciência e a inovação tecnológica se relacionam com a sociedade. Para que essa comunicação seja efetiva é necessário explorar novos instrumentos didáticos para o ensino de ciências de maneira geral. A interseção entre ciências e artes tem contribuído para tornar as ciências acessíveis, relevantes e interessantes para públicos diversos, com potencial de fornecer conteúdo científico, valores artísticos e de entretenimento significativos. Neste trabalho utilizamos a comunicação teatral para valorizar a ciência e o ensino de Física através de um roteiro autoral de uma peça em que são abordados conceitos e fenômenos relacionados à astronomia. A partir de uma linguagem artística e descontraída adaptamos os conceitos científicos propostos ao caráter contextual e instrumental do teatro para mostrar o seu valor educativo e a sua capacidade de transformar a ciência em entretenimento. Nossa proposta envolveu os estudantes em um ambiente altamente motivador e colaborativo, permitindo que eles aprendessem a reconhecer, analisar e imaginar explicações e performances para comunicar a ciência para o público geral de forma criativa e alternativa.

Palavras-chave: Teatro científico, astronomia, divulgação científica, ensino de física.

Scientific communication inside and outside the classroom is the main means for providing an adequate understanding of how science and technological innovation relate to society. In order to achieve this goal, it is important to explore new didactic instruments for teaching science in general. The intersection between science and arts has contributed to make science accessible, relevant and interesting to diverse audiences with the potential to provide scientific content, significant artistic and entertainment values. Here, we use theatrical communication to value science and the teaching of Physics through an original script of a play in which concepts and phenomena related to astronomy are addressed. Using an artistic and casual language, we adapt the proposed scientific concepts to the contextual and instrumental nature of theater to demonstrate its educational value and its potential to transform science into entertainment. Our proposal allowed students being engaged in a highly motivating and collaborative environment, providing them the opportunity to recognize, analyze and imagine explanations and performances to communicate science to the general public in a creative and alternative way.

Keywords: Scientific theatre, astronomy, scientific dissemination, Physics teaching.

1. Introdução

A ciência é uma atividade profissional coletiva e transdisciplinar desenvolvida por cientistas movidos por uma curiosidade profunda e pelo desejo de compreender os fenômenos naturais através de hipóteses e teorias que podem ser testadas e refutadas. Apesar da ciência ser um campo dinâmico que busca revelar as leis da natureza de maneira objetiva, ela é influenciada por contextos culturais, sociais, políticos e econômicos, que podem impactar a forma como as questões científicas são formuladas e investigadas. A tecnologia, por sua vez, além de focar na aplicação prática do conhecimento científico para resolver problemas específicos ou transformar a realidade

de maneira concreta, é também uma ferramenta que facilita e impulsiona a pesquisa científica [1–3]. A ciência pode ser aplicada de maneira positiva para melhorar as nossas vidas através da medicina, na cura e prevenção de doenças, no desenvolvimento de novas vacinas, na eficiência de transportes, na geração de novas fontes de energia, na proteção do meio ambiente, na produção de alimentos, na transmissão de informação, na melhoria da educação, entre outros. A aplicação da ciência, através da tecnologia, também possui efeitos indesejados para a sociedade, pois contribui significativamente para a poluição do meio ambiente com as atividades industriais, que emitem gases e resíduos para a atmosfera e rios destruindo ecossistemas, gerando desperdício e consumo de recursos naturais. Outro ponto negativo é a produção de armas que destrói vidas e oprime nações menos favorecidas.

*Endereço de correspondência: jasouza@ufscar.br

Editor-Chefe: Marcello Ferreira

Para envolver as próximas gerações de estudantes na aprendizagem de ciências e na aplicação consciente e responsável da mesma, através do desenvolvimento de novas tecnologias, é imprescindível explorar novas metodologias de ensino para introduzir os conceitos científicos de uma maneira que a ciência seja reconhecida como algo relevante em nossas vidas, elencando a forma como estamos vivendo. Neste sentido, o teatro tem um potencial significativo para explorar o papel da ciência e da tecnologia na vida cotidiana, podendo fornecer meios para aprofundar as percepções dos estudantes sobre a condição humana e criar novas formas de aprendizado tanto para as ciências quanto para as artes.

O teatro como instrumento educativo no Brasil vem ganhando espaço desde que a Lei n.º. 13.278 foi decretada em 2016 para incluir o mesmo, juntamente com as artes visuais, a dança e a música, como linguagem no componente curricular dos diversos níveis da educação básica [4]. Este se caracteriza como um importante meio de comunicação e expressão que articula aspectos audiovisuais, musicais e linguísticos com capacidade de influenciar e promover diferentes abordagens de temas educacionais nas variadas áreas do conhecimento, para a melhoria do desenvolvimento cognitivo e afetivo dos estudantes [5–7].

O teatro com temática científica, expressão cunhada por Moreira e Marandino [8], fornece o cenário ideal para promover a sinergia entre ciência, ética e sociedade. Nas últimas décadas vários trabalhos foram publicados para mostrar os benefícios e potencialidades da implementação do teatro em espaços formais e não formais para o ensino de ciências. Dentre estes, podemos destacar a utilização do mesmo para divulgação e popularização da ciência [9, 10], para a implementação da alfabetização científica [8], para a melhoria da formação docente [11, 12], para análise de conteúdo e concepções alternativas dos estudantes [13–15] e como estratégia didática para introdução e desenvolvimento de conceitos científicos e aspectos históricos da ciência [16–21].

Grande parte dos trabalhos citados utilizaram os jogos teatrais como metodologia de ensino, cuja base pedagógica é a improvisação. A oportunidade de improvisação oferecida pelo teatro pode ser benéfica para ajustar, adaptar ou revelar para o professor conceitos que estão corretos ou parcialmente corretos na mente do estudante em relação à perspectiva formal fornecida em sala de aula. Se estes conceitos forem trabalhados de maneira adequada, em vez de serem simplesmente rejeitados ou rotulados como incorretos, a aprendizagem científica pode ser mais efetiva [22–24].

Neste trabalho apresentamos e discutimos o roteiro autoral de uma peça intitulada como “Sistema Maluco” para a representação teatral de fenômenos e conceitos científicos relacionados a área da astronomia. Além da transposição didática e adaptação dos conceitos propostos ao caráter contextual e instrumental do teatro, nós mostramos como é possível valorizar a ciência e o ensino de Física através de uma linguagem artística

e mais descontraída. Adicionalmente, compartilhamos a experiência que adquirimos com duas apresentações feitas para o público geral em uma feira de ciências de uma escola particular do interior do estado de São Paulo. Estas contribuíram para que o roteiro autoral apresentado no material complementar deste trabalho e toda a sua trama fossem otimizados para que nossa proposta possa ser aplicada tanto no contexto de sala de aula quanto para eventos que promovam a disseminação e a popularização da ciência.

2. Escolha do Tema e Preparação da Peça Teatral: “Sistema Maluco”

O nome “Sistema Maluco” escolhido para a peça de teatro faz alusão ao nosso sistema solar. A palavra “maluco” é uma gíria muito utilizada entre os adolescentes brasileiros como brincadeira para se referirem a algo complexo ou cujo entendimento não seja direto. A Física recebe usualmente essa conotação pelos estudantes do ensino médio devido à dificuldade de entendimento, falta de interesse e baixo nível de aproveitamento que os mesmos apresentam com relação a esta disciplina [25].

Apesar das dificuldades aparentes, elencadas pelos próprios estudantes, tentamos transmitir a mensagem de que a ciência também pode ser abordada de maneira divertida e descontraída em uma peça de teatro.

Como o nosso objetivo inicial foi atingir o público geral, a escolha da astronomia como tema norteador do roteiro da peça surgiu naturalmente, pois esta é uma área que permite mostrar amplamente que a Física é uma ciência cotidiana. Adicionalmente, a astronomia está bem posicionada nos meios de comunicação social, com capacidade de despertar o interesse de um grande número de pessoas pela sua natureza excitante através de uma variedade de eventos de divulgação pública em todo o mundo [26].

Na peça “Sistema Maluco” os corpos celestes, como a Lua, o Sol e o planeta Terra, são os protagonistas. Eles dialogam entre si para explicar como o sistema solar funciona e porque observamos alguns dos fenômenos mais comuns do nosso cotidiano, como as estações do ano, os dias e as noites, as fases da Lua, os eclipses, entre outros. Toda a exposição de conceitos foi feita de uma maneira descritiva, para tornar os mesmos mais acessíveis e também para despertar a curiosidade de todos pela ciência.

Uma pergunta que pode surgir naturalmente para o leitor é: por que realizar um teatro considerando corpos celestes como os principais personagens e não pessoas, como cientistas que revolucionaram a nossa forma de pensar sobre o universo e o seu funcionamento?

Nosso propósito foi apresentar a ciência em sua própria definição, como um engajamento ativo e criativo de nossas mentes com a natureza, com o objetivo de compreendê-la de forma provisória e revisável. Esse engajamento se dá formalmente através de métodos

como a observação, a experimentação e as análises matemáticas, mas também envolve interpretações teóricas e revisões, que são influenciadas constantemente por contextos sociais, culturais e históricos. O teatro oferece a oportunidade para qualquer pessoa, mesmo aquelas sem nenhuma formação básica ou técnica em ciências, de explorar o método da observação de uma maneira lúdica e divertida. Nessa abordagem, a “natureza” estabelece um diálogo indireto com a audiência para revelar os seus mistérios e para mostrar algumas das consequências decorrentes do nosso comportamento e de nossas atitudes com relação ao meio ambiente. Além da valorização da ciência, a rejeição ao negacionismo científico também é considerada em toda a trama.

No material suplementar deste artigo apresentamos um roteiro autoral completo da peça que pode ser aplicado tanto em um contexto de sala de aula quanto para eventos escolares, como feiras de ciências. A peça foi dividida em 8 esquetes para facilitar os ensaios e a assimilação dos conceitos pelos estudantes-atores. Um esquete é uma cena de curta duração com poucos atores. Esta estratégia também foi útil para não sobrecarregar a audiência com um excesso de informações, permitindo que o conhecimento fosse transmitido e organizado de maneira objetiva e mais simples.

O roteiro da peça foi preparado para permitir a atuação de até 40 estudantes, se cada esquete for apresentado por um grupo de estudantes diferente. Isso viabiliza a consideração da peça em um contexto de sala de aula pelo professor, para que todos os estudantes de uma turma possam participar.

A aplicação de nossa proposta foi feita em uma feira de ciências de uma escola particular do interior do estado de São Paulo com duas apresentações para o público geral. A escolha do elenco foi feita através de um convite feito para todos os estudantes de duas turmas do 1º ano do ensino médio da escola. Não houve nenhum processo seletivo ou qualquer obrigatoriedade para forçar a participação dos mesmos. Contudo, apenas 15 estudantes se prontificaram a participar. Uma vez que outras atividades científicas estavam sendo preparadas para a feira, os estudantes da escola, de maneira geral, tiveram a liberdade de escolher o que fariam.

Os ensaios foram realizados no período contrário das aulas na própria escola. No primeiro encontro foi feito o planejamento da atividade para a organização da peça, a exposição do tema e a forma como os estudantes poderiam contribuir e participar da mesma. No segundo encontro iniciamos os ensaios, considerando os temas e os conceitos que seriam abordados nos primeiros esquetes e a escolha das personagens. Diante da necessidade de dedicação aos ensaios e a condução de estudos para o entendimento e discussão dos conceitos físicos, vários estudantes desistiram permanecendo apenas 5 para apresentar todo o roteiro da peça. Com este número reduzido foi necessário simplificar consideravelmente as falas das

personagens, para que elas conseguissem apresentar todos os conceitos propostos [27].

Vale ressaltar que durante as apresentações realizadas os estudantes memorizaram todas as suas falas independentemente. Com o roteiro atualizado, aumentamos o número de falas das personagens para fornecer melhores contextos e explicações para a audiência. A ansiedade e o medo do palco aliados a um grande número de falas, ou falas longas, podem fazer com que os estudantes-atores esqueçam falas, cometam erros ou percam o ritmo da apresentação. Para proporcionar maior conforto, confiança e facilitar a atuação dos estudantes durante as apresentações, o professor pode avaliar a possibilidade de conduzir a peça com o uso de cartões que contenham palavras-chave, escolhidas pelos próprios estudantes.

Para fazer com que os estudantes se sentissem mais motivados a aprenderem os conceitos de Física, o professor conduziu os ensaios de maneira descontraída, com brincadeiras, sempre estimulando os mesmos a fazerem improvisações em suas falas e atuações. Um dos propósitos de nossa peça é apresentar a ciência ao público de maneira divertida. Essa abordagem favoreceu o estabelecimento de uma dinâmica mais independente entre os estudantes. Eles privilegiaram o entendimento e a exposição dos conceitos científicos com suas próprias palavras, evitando a memorização do texto original. Isso foi intensamente valorizado pelo professor, que teve o trabalho adicional de analisar a consistência das falas improvisadas para que não houvessem erros na abordagem dos conceitos propostos. A improvisação fez com que os estudantes se envolvessem intelectualmente, fisicamente e intuitivamente com o tema da peça e isso foi essencial para a realização dos movimentos corretos nas cenas, pois para isso é imprescindível que as personagens entendam os conceitos [23]. Dessa forma, o professor conseguiu promover o teatro como uma possibilidade de estudo mais aprofundada e contextualizada dos conceitos científicos.

Na próxima seção explicamos e justificamos como cada esquete da peça foi pensado para comunicar ao público o entusiasmo e os benefícios da evolução do conhecimento através da ciência e da tecnologia com o tema astronomia, elencando as falas, as expressões e os movimentos dos estudantes-atores. Estes foram otimizados e ampliados a partir da experiência dos dois espetáculos conduzidos na escola [27].

3. Luz, Física e Ação

Em cada esquete a seguir apresentamos uma explicação detalhada dos conceitos físicos abordados na peça, com o objetivo de complementar aqueles considerados no roteiro para fornecer um melhor entendimento sobre a performance dos estudantes-atores e apresentar sugestões para a criação de novos esquetes e possibilidades de atuação.

3.1. Esquete 1: Apresentando o “Sistema Maluco” e o modelo geocêntrico

O espetáculo foi iniciado com uma introdução feita pelo narrador para contextualizar o nome da peça “Sistema Maluco” e, principalmente, para apresentar a ciência como uma atividade que vem sendo aprimorada desde a antiguidade.

Adicionalmente, foi apresentado o que é Astronomia para explicitar para o público a área da ciência que foi trabalhada na peça e para diferenciar a atividade de observação do céu feita por qualquer pessoa e por um astrônomo, que é o cientista que atua na área. Tivemos o cuidado de colocar a ciência em foco sempre que possível para reforçar a ideia de que a mesma não está relacionada a crenças ou conveniências de grupos de pessoas. Apesar da ciência não estar isenta de influências sociais, culturais e históricas, esta é uma atividade desenvolvida por profissionais capacitados e altamente treinados.

Em seguida o narrador introduz o primeiro modelo de sistema solar, conhecido como teoria do universo geocêntrico ou geocentrismo, proposto no século II da era cristã pelo astrônomo e geógrafo grego Cláudio Ptolomeu [28].

No início de todos os esquetes o narrador faz uma pequena introdução sobre o tema a ser trabalhado pelos estudantes-atores para situar a audiência cronologicamente sobre alguns acontecimentos, apresentar curiosidades, os problemas e desafios da época, assim como perguntas provocativas visando despertar e manter o interesse da audiência pela peça.

Os principais personagens da peça são a Terra, a Lua e o Sol. Os outros planetas do sistema solar foram representados por um único estudante-ator e foram considerados apenas nos 3 primeiros esquetes para apresentar a diferença entre o modelo geocêntrico de Ptolomeu e o modelo heliocêntrico de Copérnico. O referencial inercial do “Sistema Maluco”, descrito pelas estrelas do firmamento, também é mencionado e representado no palco por uma grande cortina de helanquinha preta repleta de estrelas coloridas e feitas de cartolina.

O narrador chama a atenção da audiência para a esfericidade da Terra, neste primeiro momento, ao estabelecer a região de observação do céu noturno como sendo o Hemisfério Sul de nosso planeta. Isso é importante, porque as estrelas no firmamento não são as mesmas para todas as regiões do planeta. Isso significa que, uma pessoa que mora no Brasil, no Hemisfério Sul, e outra que mora nos Estados Unidos, no Hemisfério Norte, por exemplo, verão, simultaneamente, conjuntos de estrelas diferentes no firmamento. Essa é uma evidência interessante para contestar o movimento terraplanista, em que as pessoas defendem que a Terra é plana com argumentos não científicos e teorias de conspiração [29]. Este movimento ganhou força a partir de 2014 através de grandes grupos de pessoas e canais de divulgação de conteúdos não científicos na internet.

Se a Terra fosse plana, todos teriam condições de observar o mesmo céu noturno simultaneamente, mesmo estando em diferentes regiões do planeta. Se o professor desejar, o narrador pode discursar sobre outras evidências da esfericidade da Terra no primeiro esquete, que podem ser observadas por qualquer pessoa a olho nu, como a existência de horizonte, o desaparecimento progressivo de navios no horizonte, o amanhecer e o anoitecer, a diferença da duração dos dias e das noites em diferentes lugares do planeta, a existência de fuso-horários e as diferenças das estações do ano ao longo do planeta. Isso pode ser feito de maneira introdutória, uma vez que vários desses assuntos são tratados em outros esquetes. O narrador pode ainda mencionar outras formas de verificar a esfericidade da Terra através de tecnologias atuais utilizadas em missões espaciais e balões atmosféricos que permitem tirar fotos do planeta, o uso de sistemas de navegação, planos de voo, entre outros.

A encenação é iniciada com o estudante-ator que interpreta a Terra entrando e se posicionando no centro do palco, para representar que a mesma ocupa o centro do universo. Posteriormente, a Lua, o Sol e os Planetas entram em cena, sucessivamente, realizando um movimento circular no sentido horário em torno da Terra. Eles se apresentam, dizem que giram em torno de nosso planeta, que se mantém imóvel, através de órbitas circulares. Apesar do geocentrismo ser um modelo para descrever o sistema solar, para as pessoas que defendiam a teoria geocêntrica na antiguidade, a configuração apresentada pelos estudantes-atores representava o próprio universo.

Todos os esquetes foram finalizados com os estudantes-atores saindo do palco para que a atenção fosse voltada exclusivamente para o narrador, durante a introdução do esquete seguinte.

O modelo geocêntrico se manteve até o final do século XVI e é muito utilizado ainda hoje pelos terraplanistas. Mas por que um modelo, que sabemos definitivamente que não reproduz a realidade do movimento relativo dos planetas, estrelas e outros corpos celestes, se manteve por tantos séculos?

Isso ocorreu e ainda ocorre com os terraplanistas porque o geocentrismo reproduz de maneira satisfatória aquilo que vemos. Se considerarmos a observação do céu a olho nu, qualquer pessoa pode ser levada a acreditar nesse modelo, pois o que percebemos é o planeta Terra, ou seja, nós mesmos, no centro de tudo que conseguimos ver e em repouso. Observamos a Lua e o Sol se movendo no céu e uma infinidade de pontos brilhantes fixos no firmamento.

Diante desse cenário, como é possível convencer o público geral que, aquilo que vemos não é necessariamente a realidade da natureza?

Para isso, é importante entender e reconhecer a ciência como uma atividade investigativa contínua, que se mantém em constante evolução, com momentos de estabilidade e rupturas paradigmáticas que desafiam e

aprimoram a compreensão dos fenômenos que observamos. Isto significa que, além da ciência aprimorar seus métodos, modelos e teorias, estes são constantemente desafiados e revisados à medida que novas evidências e abordagens surgem.

Os astrônomos da antiguidade, que eram os cientistas da época, observavam outros corpos celestes além do Sol e da Lua. Eles sabiam da existência de 5 planetas: Mercúrio, Vênus, Marte, Júpiter e Saturno. Ao longo de 1 ano, por exemplo, eles observavam que o movimento do Sol e da Lua parecia simples e ordenado e podia ser previsto com o uso do modelo geocêntrico de maneira consistente com a realidade. Contudo, o movimento dos 5 planetas neste mesmo período de tempo não era tão fácil de entender, pois não podia ser explicado ou mesmo previsto pelo geocentrismo. Os planetas variavam o seu brilho, não mantinham uma posição fixa no céu, pareciam acelerar e desacelerar durante o movimento e, em algumas vezes, eles pareciam se mover para a frente e para trás em relação às estrelas do firmamento (movimento retrógrado). E isso ficou ainda mais evidente, quando no início do século XVII, os cientistas da época, como Galileu Galilei, começaram a utilizar o telescópio para a observação dos corpos celestes. Este dispositivo tecnológico marcou uma revolução no método da observação astronômica, permitindo que os astrônomos visualizassem maiores detalhes sobre o movimento dos planetas e suas características. Isso contribuiu para o colapso do geocentrismo e a necessidade de evoluir o modelo de sistema solar para um que pudesse explicar todas as observações existentes, que permitisse realizar previsões confiáveis sobre os movimentos planetários e que pudesse ser testado.

Esse momento da história é um bom exemplo para expor para o público geral que a ciência não é um empreendimento pronto ou mesmo exato, que fornece verdades absolutas. Podemos pensar na ciência como um processo, que evolui à medida que os seus métodos evoluem, ou seja, à medida que novas observações, novos experimentos, novas análises matemáticas e novas interpretações são realizadas. Qualquer estudo que é classificado como científico, envolve processos criteriosos com inúmeros testes e avaliações realizadas por profissionais da área. Para isso, investimentos em educação e no desenvolvimento de novas tecnologias são essenciais.

O professor pode estender o discurso sobre os princípios científicos e a evolução da ciência através da fala do narrador ou da criação de novos personagens conforme a realidade e o interesse de sua comunidade. Recomendamos que isso seja feito em mais de um esquete, para não sobrecarregar a audiência com muitos conceitos.

3.2. Esquete 2: O modelo heliocêntrico

No esquete 2 o modelo heliocêntrico é apresentado como uma evolução do modelo geocêntrico. No início deste, o narrador pode expor de maneira introdutória tanto

acontecimentos históricos quanto os benefícios da nova teoria para explicar o movimento dos corpos celestes.

Conforme já discutido, a representação do modelo de universo de Ptolomeu se manteve por quase 14 séculos. A partir de novas observações e do avanço desse método com o uso do telescópio, os astrônomos da antiguidade perceberam que era necessário evoluir essa teoria. No século XVI, Nicolau Copérnico propõe um modelo de sistema solar considerando que a Terra e os outros planetas orbitam o Sol. Além de orbitar o Sol, Copérnico considera que a Terra gira em torno de seu próprio eixo e que a Lua, apenas, orbita a Terra [28].

O modelo heliocêntrico permitiu explicar naturalmente o movimento retrógrado, a variação de brilho dos planetas e também mudanças observadas diariamente e sazonalmente nos céus. Além de corrigir as inconsistências do modelo geocêntrico, o sistema heliocêntrico de Copérnico possui uma característica muito valorizada por qualquer cientista, que é a sua simplicidade. Apesar da ciência parecer algo complexo e inacessível para a maioria das pessoas, os cientistas são atraídos e guiados pela simplicidade, simetria e beleza na modelagem de todos os aspectos da natureza.

Com a representação de Copérnico, o movimento do Sol e dos planetas em torno da Terra passa a ser apenas aparente, pois a Terra neste novo modelo orbita o Sol. Já na teoria de Ptolomeu esses movimentos são reais. Essa é uma diferença importante entre os dois modelos que pode favorecer a crença do público geral no geocentrismo, como no caso dos terraplanistas. Estas pessoas não aceitam ou não conseguem separar a realidade daquilo que enxergam, mesmo quando os argumentos apresentados a elas são robustos e bem fundamentados.

O movimento aparente está presente em nosso cotidiano. Se considerarmos que estamos sentados no banco de um ônibus em movimento, por exemplo, veremos o movimento aparente de pessoas, árvores e outros objetos que estão localizados do lado de fora do ônibus, pois como estamos parados no interior do veículo, temos a impressão de que tais objetos se distanciam ou se aproximam de nós, como se eles estivessem em movimento. Contudo, sabemos que uma árvore não pode se mover, uma vez que suas raízes a mantêm fixa no chão. Esse conhecimento adicional nos permite concluir com certeza que é o ônibus que está em movimento, mesmo quando o seu deslocamento não é perceptível no interior do veículo. Se desenvolvermos um modelo que afirma que uma árvore está em movimento e o ônibus parado, este será rejeitado e até considerado absurdo por qualquer pessoa, pois ele não reproduz a realidade.

Mesmo apresentando exemplos simples como este, no intuito de fazer analogias, o público mais convicto em suas crenças pode argumentar que esse exemplo não é adequado, pois outra pessoa situada em um ponto de ônibus pode observar diretamente que é o ônibus que está em movimento e não uma árvore, enquanto que não é possível outra pessoa sair do planeta e ver

que é a Terra que está em movimento e não o Sol. Mas a importância desse exemplo reside no fato de que movimentos aparentes existem e devem ser considerados diante da incompatibilidade do que é descrito por modelos e teorias, como o geocentrismo, e as observações realizadas sobre o comportamento da natureza, como o movimento relativo dos planetas. O cientista, neste caso, com seus instrumentos e métodos específicos e bem fundamentados, exerce o mesmo papel da pessoa situada no ponto de ônibus. Ele cria meios de observar melhor o comportamento da natureza e nos atualiza sobre isso, nos explicando o que pode estar acontecendo através de representações, descritas por modelos e teorias, cada vez mais aprimorados e consistentes com a realidade.

A rejeição gratuita de ideias e avanços científicos sem argumentos e métodos bem fundamentados, em que são considerados dados observacionais, experimentais ou matemáticos, é conhecida como negacionismo científico. Este têm promovido o radicalismo, a desinformação e a desconfiança sobre temas importantes, como a eficiência das vacinas e as mudanças climáticas, podendo representar ameaças reais para a nossa sobrevivência em um futuro muito próximo, caso a ciência perca a credibilidade [30, 31]. Portanto, o problema hoje não é as pessoas questionarem sobre o que estão vendo e ouvindo, mas sim, não aceitarem a importância da ciência para o avanço da humanidade, mesmo diante de evidências concretas e convincentes.

Trabalhar temas científicos em uma peça de teatro tem um grande potencial para atingir os familiares dos estudantes, pois além de tornar os conceitos acessíveis ao público geral através da arte, o conhecimento é transmitido pelo testemunho dos próprios estudantes. Isso pode tornar o conhecimento mais receptivo para as pessoas, pois o diálogo será estabelecido entre os membros das famílias e não a partir de pessoas desconhecidas. Para isso, é imprescindível que as pessoas, de maneira geral, entendam a importância e a necessidade dos investimentos em ciência, educação e tecnologia. É preciso acreditar na educação e passar a ver a escola como um espaço confiável, coletivo, acessível para todos, de transformação e busca pelo conhecimento.

A importância de tais investimentos para a astronomia, por exemplo, irá favorecer a formação de novos profissionais para atuarem nesta área e possibilitar a construção de telescópios com maior alcance e poder de resolução, nos permitindo enxergar detalhes impossíveis de serem observados a olho nu. Isso pode nos auxiliar a prolongar a sobrevivência de nossa espécie no planeta a partir do monitoramento do Sol e sua influência sobre o clima na Terra e também de potenciais ameaças de meteoros que possam entrar em rota de colisão com o nosso planeta. Outra vantagem desses dispositivos é que eles permitem detectar uma variedade de luz que vai além daquela que enxergamos. A variedade de luz que conseguimos enxergar com nossos olhos e que nos permite detectar os objetos a nossa volta, suas cores e formas, é conhecida como espectro visível. Os

telescópios modernos, situados na Terra e no espaço, nos permitem enxergar em toda a variedade de luz que existe na natureza, conhecida como espectro eletromagnético. O espectro visível é apenas uma parte do espectro eletromagnético. Este é apenas um exemplo da diversidade de temas e conceitos que podem ser discutidos em uma linguagem mais simples e acessível para o público geral no intuito de valorizar a ciência, o desenvolvimento de tecnologia e o ensino de ciências.

Do ponto de vista educacional, estudantes do ensino fundamental e médio que tem oportunidade de participarem de atividades relacionadas com a astronomia, como a nossa peça de teatro, possuem maior probabilidade de seguir carreiras nas áreas de ciência e tecnologia, além de se manterem mais atualizados com relação às descobertas científicas [32].

A atuação dos estudantes-atores neste esquete foi semelhante ao anterior. Eles apenas entraram, se apresentaram e se posicionaram para representar a configuração do modelo heliocêntrico, com o Sol parado no centro do palco, os Planetas e a Terra girando em torno do mesmo através de órbitas circulares e a Lua orbitando a Terra.

3.3. Esquete 3: As três Leis de Kepler e a Lei da Gravitação universal de Newton

A necessidade de evoluir o modelo de sistema solar continua a ser apresentada no esquete 3. Apesar da revolução copernicana, com o modelo heliocêntrico, o matemático e astrônomo alemão Johannes Kepler percebeu inconsistências neste modelo a partir, principalmente, de uma extensa quantidade de dados observacionais do astrônomo dinamarquês Tycho Brahe [33]. O objetivo de Kepler com seus estudos foi encontrar uma descrição simples do movimento planetário que conciliasse a representação de Copérnico e os dados observacionais de Brahe.

Após anos de trabalho, Kepler percebeu que era necessário abandonar a ideia de Copérnico de órbitas planetárias circulares e que o Sol não ocupava o centro do sistema solar. Ele conseguiu descobrir as leis que regiam o movimento de todos os planetas conhecidos, incluindo a Terra, nomeadas como “as três leis de Kepler” [28].

O primeiro ato deste esquete foi para representar a descoberta da primeira lei de Kepler. Esta afirma que a órbita da Terra e de outros planetas em torno do Sol era ajustada pela curva geométrica de uma elipse. Uma vez que as órbitas dos planetas estão no mesmo plano que contém o Sol, a representação no palco do plano orbital da Terra foi feita simplesmente com a figura de uma elipse desenhada no chão. O Sol entra e ocupa um dos focos da elipse, marcado com um X. Logo em seguida, a Terra entra e gira em torno do Sol sobre o desenho da elipse. Os dois estabelecem um diálogo enquanto a Terra passa por diferentes posições, como o periélio e o afélio, para explicar o que são essas distâncias entre os dois corpos celestes. Em uma situação em que o palco seja suspenso, de maneira que a audiência não consiga

enxergar o desenho da elipse, o narrador pode descrever a mesma como um círculo achatado ou alongado, fazendo gestos com as mãos, para facilitar o entendimento do público sobre a correção feita na órbita dos planetas por Kepler no modelo heliocêntrico.

A descoberta da segunda lei de Kepler foi representada pelas diferentes velocidades que a personagem Terra orbita o Sol. Quando a mesma passa pelo periélio, que define a região mais próxima do Sol, a Terra se move mais rapidamente, enquanto que na região mais afastada, definida pelo afélio, a Terra se move mais lentamente. Formalmente, essa lei é conhecida como a lei das áreas e afirma que a reta que liga o planeta ao Sol varre áreas iguais em tempos iguais.

Para a representação da terceira lei de Kepler, conhecida como lei harmônica, é interessante que outro estudante-ator entre no palco para fazer o papel de outro planeta orbitando o Sol. Esta lei estabelece que planetas com órbitas maiores se movem mais lentamente em torno do Sol e é muito interessante para mostrar para o público geral como tempo e distância são determinados astronomicamente no nosso sistema solar.

Tendo a Terra como referência, o ano terrestre, que é o período necessário para o nosso planeta completar sua órbita em torno do Sol, é a unidade de tempo. A unidade de distância é conhecida como Unidade Astronômica (UA) e corresponde à distância do Sol à Terra quando a mesma está localizada no ponto mais distante do Sol, ou seja, no afélio.

O professor deve avaliar a viabilidade de apresentar dados numéricos para deixar essa lei mais clara. Se considerarmos o planeta Mercúrio, que é um planeta que fica mais próximo do Sol do que a Terra, a sua distância em relação ao Sol, quando ele está na posição de afélio, é de 0,387 UA, e o tempo necessário para o mesmo completar uma órbita em torno do Sol é de 0,241 ano terrestre. Ou seja, Mercúrio leva em torno de 88 dias apenas para dar uma volta completa em torno do Sol enquanto que a Terra gasta 365 dias. Mercúrio é o planeta com movimento de translação mais rápido do sistema solar, pois este se encontra mais próximo do Sol e, portanto, possui a menor órbita. Para um planeta que está mais longe do Sol e possui uma órbita maior do que a da Terra, como Júpiter, por exemplo, sua distância em relação ao Sol será maior do que 1 UA e o seu tempo de órbita será maior do que 1 ano terrestre, conforme estabelecido pela lei harmônica [28].

As leis de Kepler foram obtidas por ele empiricamente. Este é outro conceito científico muito importante que pode ser trabalhado na peça.

Kepler conduziu um estudo empírico com base nos dados observacionais de Brahe. Isso significa que suas leis foram descobertas a partir da experiência de Brahe, ou seja, com base nas observações que Brahe fez do movimento dos corpos celestes. Se quaisquer dados empíricos sobre algum fenômeno da natureza forem obtidos com acurácia, através de processos e métodos que minimizam os erros das medidas ou observações, estes

tornam-se inquestionáveis, pois os mesmos expressam de maneira precisa o comportamento da natureza. Por mais que um modelo teórico seja bonito e consistente, do ponto de vista matemático, por exemplo, este precisa reproduzir o que foi obtido através de dados empíricos. Estes são resultados norteadores que mostram para os cientistas a validade ou a limitação de modelos teóricos. Os dados empíricos de Tycho Brahe permitiram que correções fossem introduzidas no modelo heliocêntrico e a descoberta das leis que regem o movimento dos planetas no sistema solar por Kepler.

Na última cena do esquete, a Terra apresenta algumas questões para provocar a audiência, como: o que impede os planetas de se distanciarem cada vez mais de você, Sol, ou de se encontrarem com você? Por que eu permaneço girando em torno de você por anos e anos de maneira aparentemente indefinida?

As respostas são dadas pelo Sol, que introduz a ideia de força gravitacional e como esta obedece a terceira lei de Newton, conhecida como lei da ação e reação. A representação de forças mútuas, com mesma intensidade, direção e sentidos contrários entre o Sol e a Terra, é esclarecida pelos estudantes-atores quando a Terra passa pela região do periélio. Eles mostram que a Terra só continua girando em torno do Sol porque eles dão as mãos, como mostrado na Figura 1, e que esta força (gravitacional) continua existindo mesmo quando a Terra está a distâncias maiores do Sol. Eles deixam claro que quanto maior essa distância, menor a força e vice-versa. Como consequência disso, a Terra, assim como os



Figura 1: Foto mostrando as personagens Terra (azul) e Sol (amarelo) representando o conceito de força gravitacional e a lei de ação e reação quando a Terra passa pela região do periélio para justificar porque a Terra continua orbitando o Sol de maneira aparentemente indefinida.

outros planetas, diminui a sua velocidade de translação em conformidade com a segunda lei de Kepler.

O esquete é finalizado com o narrador dizendo que as leis de Kepler foram demonstradas matematicamente por Isaac Newton. Este é um exemplo da história da ciência que mostra a convergência de dois métodos científicos, a observação, que permitiu a obtenção de dados empíricos, e as análises matemáticas, que permitiram que um entendimento profundo sobre o movimento dos corpos celestes e suas causas fossem apresentados. O narrador contextualiza a relação direta da lei da gravitação universal com a queda de um objeto quando o soltamos, que é algo amplamente observado pelas pessoas no cotidiano.

3.4. Esquete 4: Os dias e as noites

A existência dos dias e das noites é explicada pelos estudantes-atores através de um diálogo entre a Terra e o Sol. Eles explicam nossa unidade básica de tempo social, que é o dia solar de 24 horas, como uma consequência do movimento de rotação da Terra em torno de seu próprio eixo. Este movimento é representado principalmente pela rotação da cabeça do estudante em torno do eixo que passa pelo seu corpo. Mas o estudante realiza o movimento de maneira rígida, como se não fosse possível mexer o seu pescoço ou realizar qualquer outro movimento de torção com o seu corpo.

Uma vez que a Terra translada em torno do Sol enquanto rotaciona, achamos interessante mencionar o que é o dia sideral e porquê este é aproximadamente 3,9 minutos menor do que o dia solar. Como não é possível posicionar a cortina de helanquinha, que representa as estrelas do firmamento, a uma distância muito maior daquela entre o Sol e a Terra no palco, a justificativa visual para a diferença de tempo entre os dias solar e sideral pode ser fornecida tendo como referência a própria audiência.

O dia solar ocorre quando um observador em nosso planeta, descrito pelos olhos da personagem Terra, estão na mesma posição em relação ao Sol. Isso representa a mesma hora do dia entre uma rotação e outra. Já o dia sideral fornece o período de uma rotação completa da Terra, que é o tempo que nosso planeta leva para retornar à mesma orientação no espaço em relação às estrelas distantes. Durante essa atuação é importante que o estudante-ator que for representar a Terra, além de manter o corpo rígido, também não realize movimentos laterais com os olhos. Para que a cena ganhe o significado desejado é necessário que o movimento dos olhos esteja condicionado apenas ao movimento da cabeça. Dessa forma, após uma rotação completa da cabeça do estudante-ator, a qual caracteriza um dia sideral, é fácil a audiência perceber que a direção dos olhos do mesmo, dada pela orientação do nariz, não estarão voltados diretamente para o Sol. Para que isso ocorra, ele precisará rotacionar um pouco mais, caracterizando

o dia solar e explicando porque o mesmo é maior do que o dia sideral.

Um detalhe muito importante para a realização desta cena é considerar o movimento de rotação da Terra no mesmo sentido do seu movimento de translação em torno do Sol. Na nossa peça, como estamos representando um observador no Hemisfério Sul, a Terra e os outros planetas transladam em torno do Sol no sentido horário em todos os esquetes em que o movimento dos mesmos é considerado. Dessa forma, o movimento de rotação da Terra também deve ser realizado no sentido horário. Para ganhar um efeito visual ainda melhor, a personagem Terra pode realizar o seu movimento tendo como referência o alinhamento entre ela, o Sol e uma pessoa da audiência que fica atrás do Sol, por exemplo. Após uma rotação completa da Terra, esse alinhamento será visivelmente desfeito.

O esquete é finalizado com a Terra e o Sol explicando de maneira conclusiva, porque não é possível ver as estrelas do firmamento durante o dia claro.

Note como a linguagem corporal e artística dos estudantes-atores nesse esquete, que são características marcantes do teatro, são essenciais para materializar os conceitos científicos desejados e a comunicação dos mesmos para a audiência.

3.5. Esquete 5: As estações do ano

O narrador inicia o quinto esquete falando sobre a existência das quatro estações do ano e que as mesmas não ocorrem de maneira bem definida em quase todas as regiões do Brasil. Ele provoca a audiência com duas perguntas para nortear a atuação das personagens, uma sobre a causa das estações e a outra sobre a duração dos dias e das noites.

A ocorrência das estações é uma consequência da inclinação de $23,5^\circ$ do eixo de rotação do nosso planeta em relação à sua órbita em torno do Sol, também conhecida como eclíptica. Durante o ano, a Terra ocupa quatro posições na eclíptica que definem o início de cada estação. Duas delas são conhecidas como equinócios e as outras duas como solstícios [33].

Os equinócios marcam o início do outono e da primavera. Nestas datas o dia claro e a noite possuem a mesma duração porque os raios solares incidem em nosso planeta perpendicularmente ao eixo de rotação da Terra, de maneira que a quantidade de luz solar que o planeta recebe é a mesma em qualquer região, como ilustrado na parte superior da Figura 2. O equinócio de outono ocorre nos Hemisférios Norte e Sul aproximadamente nos dias 21 de setembro e 20 de março e o equinócio de primavera ou vernal ocorre nos dias 21 de março e 22 de setembro, respectivamente. Essas datas são aproximadas porque a duração real de um ano é de aproximadamente 365,25 dias e nós contabilizamos 365 dias. O tempo de 6 horas (0,25 dia) é compensado nos anos bissextos pelo acréscimo de 1 dia no calendário, conforme as regras estabelecidas no calendário gregoriano.

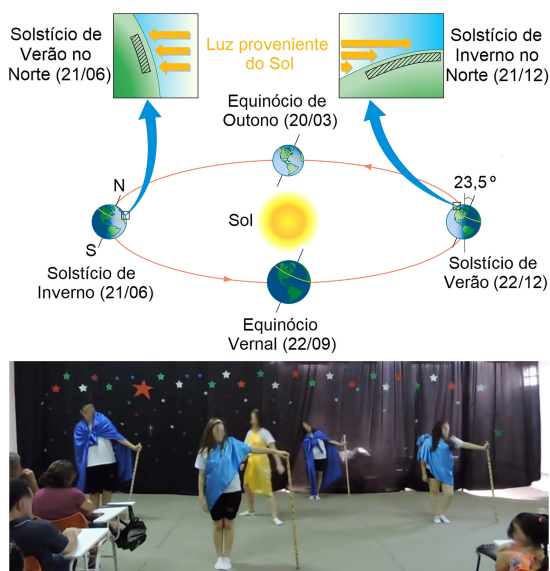


Figura 2: *Superior:* ilustração da Terra orbitando o Sol nas posições dos equinócios e dos solstícios para mostrar o início das quatro estações que ocorrem no Hemisfério Sul, como consequência da inclinação de $23,5^\circ$ do eixo de rotação da Terra em relação ao plano de sua órbita. A circunferência feita na região Norte é para representar como os raios solares cobrem áreas diferentes nos pontos de solstício devido à essa inclinação, justificando as diferenças de duração entre os dias claros e as noites e das estações nos Hemisférios Norte (N) e Sul (S). *Figura adaptada de [33]. Inferior:* foto correspondente mostrando a atuação dos estudantes-atores.

Os solstícios definem os dias claros e as noites mais longos do ano, correspondendo ao início do verão e do inverno, respectivamente. Durante estas datas a incidência dos raios solares não é a mesma nos Hemisférios Norte e Sul devido à inclinação do eixo de rotação da Terra. O solstício de verão é o dia que o Sol está mais alto no céu. Consequentemente, a região do polo correspondente fica mais exposta ao Sol. A incidência direta dos raios solares faz com que a temperatura se eleve originando climas mais quentes e úmidos. Enquanto isso, no polo oposto do planeta, há menor incidência de raios solares, pois o Sol está mais baixo no céu. Isso provoca quedas de temperatura e um clima mais frio e seco. A relação da posição do Sol no céu com as mudanças de temperatura é percebida por nós diariamente, pois as maiores temperaturas registradas durante o dia ocorrem por volta do meio-dia, que é o momento em que o Sol está mais alto no céu e os raios solares incidem diretamente sobre nós, formando regiões pequenas de sombra. Nos períodos da manhã e da tarde registramos temperaturas menores, pois o Sol está mais baixo no céu, de maneira que os raios solares incidem sobre nós de maneira inclinada, se espalhando por áreas maiores e formando grandes sombras. Isso é ilustrado na parte superior da Figura 2 para uma região do Hemisfério Norte.

Usualmente as pessoas acreditam que no inverno a Terra está mais distante do Sol do que no verão para

justificar as diferenças de temperatura observadas nas duas estações. Se isso fosse verdade nós observaríamos uma mesma estação em todo o planeta e não diferentes estações no Hemisfério Norte e Sul, pois ambas as regiões estariam igualmente distantes ou próximas do Sol. Como discutido, o que ocorre realmente não são diferenças na distância entre o Sol e a Terra para definir as estações e controlar nosso clima, mas diferenças no tempo de exposição aos raios solares de uma região para outra devido à inclinação do eixo de rotação da Terra em relação à eclíptica. Portanto, quando alcançamos o solstício de verão no Hemisfério Sul, por volta de 22 de dezembro, o polo Sul estará mais exposto ao Sol fazendo com que os dias claros fiquem mais longos, as noites mais curtas e o clima mais quente. Neste mesmo período observa-se o solstício de inverno no Hemisfério Norte, com dias claros mais curtos, noites mais longas e climas mais frios.

Para representar os equinócios e os solstícios nas posições especificadas na ilustração da Figura 2 foi necessário quatro estudantes-atores atuando como a Terra e um para atuar como o Sol. Eles foram nomeados na peça como Terra 1, 2, 3 e 4 para facilitar os ensaios. A Terra 1, ao fundo do palco, representou nosso planeta na posição do equinócio de outono, a Terra 2 à esquerda de quem olha para o palco ficou na posição de solstício de inverno, a Terra 3, à frente, na posição do equinócio vernal e a Terra 4, à direita, na posição do solstício de verão, como mostrado na foto apresentada na Figura 2. A sequência das falas das personagens seguiu essa mesma ordem, no sentido anti-horário, conforme a ocorrência desses dias no calendário do ano.

Para representar o eixo de rotação da Terra e sua inclinação em relação a eclíptica, dada pelo plano do palco, os estudantes utilizaram cabos de vassoura, veja Figura 2. Essa ideia surgiu nos ensaios pelos próprios estudantes para fornecer um efeito visual mais esclarecedor sobre isso. Contudo, durante a atuação, os estudantes também inclinaram o corpo na direção contrária e acabaram puxando consigo o bastão. Na foto apresentada na Figura 2 somente a personagem Terra 2 se manteve na configuração desejada durante toda a cena. Observamos que, à medida que o tempo passa os estudantes-atores ficam cansados e acabam relaxando o corpo, pois eles se mantêm em uma única posição durante a cena. Isso faz com que o efeito visual da inclinação do eixo de rotação da Terra com o bastão acabe se perdendo. Para evitar este problema, aconselhamos que o bastão seja preso à frente do corpo dos estudantes-atores, através de um cinto ou na própria roupa, com a inclinação desejada. Dessa forma, basta eles ficarem de pé no palco que o efeito visual de inclinação do bastão será preservado durante toda a cena.

No final da cena o Sol e a Terra apresentam uma crítica justificada ao movimento terraplanista e o narrador valoriza a necessidade de investimentos em educação, ciência e tecnologia para conter as catástrofes ambientais, como o aquecimento global, causadas pela atividade humana.

3.6. Esquete 6: A Lua e o seu lado oculto

A Lua é a principal personagem do sexto esquete da peça. O narrador inicia a cena provocando a audiência sobre a importância do nosso satélite natural e as missões Apollo que possibilitaram o homem a pisar na Lua. Essa provocação é importante porque muitas pessoas ainda acreditam que os pousos na Lua foram encenados [34].

Todo o conteúdo desta cena é desenvolvido através de um diálogo entre a Terra e a Lua. Além de fornecer inúmeras informações sobre a Terra, a Lua e o Sol, como suas massas e as distâncias relativas entre estes três corpos celestes, os estudantes-atores revisitaram o conceito de força gravitacional e discursaram sobre a influência da massa na mesma, em adição à sua dependência com a distância. Neste contexto, eles introduziram o buraco negro como um objeto supermassivo que até o Sol orbita e apresentaram o conceito de velocidade de escape para justificar porque a Lua orbita a Terra e não o Sol, uma vez que o Sol possui massa muito maior do que a Terra [35, 36].

O movimento dos estudantes-atores no palco é essencial para representar a sincronização que existe entre o movimento de rotação e o de translação da Lua, que faz com que a mesma apresente sempre a mesma face para o nosso planeta. Enquanto a Lua completa sua órbita em torno da Terra, esta última precisa rotacionar 27 vezes. Para que a cena não fique cansativa, aconselhamos que os estudantes realizem seus movimentos lentamente e que isso seja feito uma vez no início do diálogo, quando eles mencionarem a sincronização de seus movimentos, e seja repetido apenas quando a Lua finalizar os questionamentos sobre o porquê ela orbita a Terra. Essa repetição é necessária para que a Terra possa despertar a atenção do público para a sincronização dos movimentos e para introduzir a curiosidade sobre a existência ou não de um lado escuro na Lua. Para que a personagem Lua mantenha sempre a mesma face para a Terra é necessário que a mesma caminhe lateralmente. Marcações no palco podem ajudar os estudantes a realizar a sincronização de seus movimentos.

A Lua explica o que é dia lunar para convencer a Terra de que existe um lado oculto na mesma em relação aos observadores situados na Terra, mas que este não é necessariamente escuro. A Terra insiste na referência de um lado escuro ao mencionar o álbum de 1973 da banda de rock Pink Floyd intitulado “*The Dark Side of the Moon*” (O Lado Escuro da Lua), como um argumento que justificaria tal referência e, de certa forma, a crença popular sobre isso.

A música tem um papel muito importante no teatro para intensificar momentos dramáticos de uma cena ou aumentar o impacto geral da performance dos atores. Na nossa peça utilizamos a música *Brain Damage* [37] do álbum mencionado no final da cena para fornecer uma contextualização adicional para a mesma e criar uma conexão mais profunda com a audiência.

3.7. Esquete 7: As fases da Lua e as marés

A Lua sempre fascinou a humanidade com suas fases, fornecendo mensalmente um espetáculo visual no céu noturno. Para explorar esse fenômeno na peça utilizamos quatro personagens Lua, de maneira semelhante ao que foi feito para as estações do ano no esquete 5. Cada personagem representou um quarto do ciclo sinódico da Lua, falando sobre a sua posição em relação ao Sol e a Terra e as fases nova, crescente, cheia e minguante.

Através de um diálogo descontraído e divertido entre o Sol, a Lua e a Terra, os estudantes-atores explicaram a diferença entre mês sinódico e sideral, em analogia aos dias solar e sideral. O roteiro da peça foi elaborado para visitar ou resgatar conceitos já discutidos em esquetes anteriores sempre que possível. Nosso objetivo com isso foi familiarizar a audiência com os conceitos e a linguagem científica utilizada ao longo do espetáculo para a explicação dos fenômenos.

Além do teatro permitir trabalhar o cognitivo e a razão com a linguagem corporal dos estudantes-atores, é possível também explorar a cultura popular, como nós fizemos através de uma das lendas de folclore mais conhecidas do mundo, o lobisomem. A transformação de um homem em lobo em noites de Lua Cheia pode fornecer um contexto muito interessante para despertar um interesse ainda maior da audiência pela cena, devido à familiaridade que as pessoas têm com a história do lobisomem. O discurso científico sobre qualquer assunto não precisa ser rígido e completamente técnico, o professor pode explorar o ambiente e as possibilidades oferecidas pelo teatro para transformá-lo em algo mais acessível e agradável.

A introdução das marés foi feita naturalmente logo após a explicação das fases da Lua, com o Sol perguntando para a Terra se a mesma também possuía fases. As perguntas norteadoras feitas pelas personagens ao longo de toda a peça foram preparadas com o objetivo de estabelecer relações daquilo que havia acabado de ser discutido ou explicado com os novos conceitos que estavam sendo introduzidos. Com essa abordagem tentamos criar contextos para facilitar a assimilação dos novos conceitos e o estabelecimento de correlações pela própria audiência.

Aproveitamos o tema das marés para introduzir tópicos de educação ambiental. Ao falar sobre a proporção de água salgada e doce que existe em nosso planeta, chamamos a atenção da audiência para a importância de evitar a poluição de lagos e rios.

Para a explicação da causa das marés revisitamos o conceito de força gravitacional apresentando números que evidenciam que a força que o Sol exerce na superfície da Terra é muito maior que a força exercida pela Lua. Essa discussão é importante para deixar claro para o público que são as variações do campo gravitacional que provocam as marés e não necessariamente a intensidade dessas forças. Apesar das marés serem um resultado direto da influência do campo gravitacional do Sol e da

Lua, a contribuição da Lua é maior para a ocorrência do fenômeno porque a mesma está bem mais próxima da Terra do que o Sol. Devido à essa proximidade a variação do campo gravitacional lunar em toda a Terra é consideravelmente maior do que a do campo solar [38], justificando a relação das marés com as fases da Lua.

A cena é encerrada com a valorização da ciência quando a Terra fala sobre a existência de marés terrestres e atmosféricas e que as mesmas só podem ser detectadas por instrumentos científicos muito sensíveis.

3.8. Esquete 8: Eclipses lunares e solares

No último esquete da peça apresentamos os eclipses, que estão entre os fenômenos mais espetaculares da natureza e conhecidos por todos.

O narrador introduz o tema com três perguntas norteadoras sobre a causa dos eclipses, sua frequência e o tipo de eclipses que existem. Estas são respondidas ao longo da cena. Assim como no esquete anterior, toda a trama foi desenvolvida através de um diálogo entre o Sol, a Lua e a Terra.

Para que o eclipse lunar não fosse confundido com a sombra da própria Lua formada em sua face oposta ao Sol, as personagens Terra e Lua apresentaram um contexto para diferenciar esta da sombra projetada na Lua pela Terra e introduzem o tema.

Em seguida o Sol participa da cena passando a impressão de que ele é o protagonista da narrativa sobre os eclipses, pois os raios solares são bloqueados pela Terra, obscurecendo a Lua em um eclipse lunar, e bloqueados pela Lua, tendo como resultado a projeção de uma sombra na superfície da Terra durante um eclipse solar. Contudo, a Lua explica que o seu movimento orbital em torno da Terra exerce um papel essencial na ocorrência dos tipos de eclipses que observamos e na frequência dos mesmos, devido à inclinação de sua órbita de aproximadamente 5° , em relação ao plano da eclíptica, e a mudança de direção dessa inclinação em relação ao Sol. Dessa forma, a Lua toma a narrativa para si para a explicação detalhada dos fenômenos com o auxílio de um colar de isopor utilizado pela Terra para representar sua órbita em torno da mesma.

O colar de isopor é um artefato essencial para mostrar para a audiência que a inclinação da órbita lunar em relação à eclíptica faz com que não haja um alinhamento perfeito entre o Sol, a Lua e a Terra todas as vezes que a Lua está em suas fases Nova e Cheia. Isto é ilustrado na parte superior da Figura 3. Além da inclinação da órbita lunar, a personagem Terra consegue auxiliar a Lua em sua explicação para mostrar que a frequência de ocorrência dos eclipses é afetada pela mudança da direção dessa inclinação em relação ao Sol, enquanto ambas orbitam o Sol. Esse efeito é demonstrado visualmente com a Terra realizando um movimento de bamboleio com o colar de isopor em torno de seu pescoço. Duas fotos dessa cena são mostradas na parte inferior da Figura 3. Na foto à esquerda é capturado o momento em que

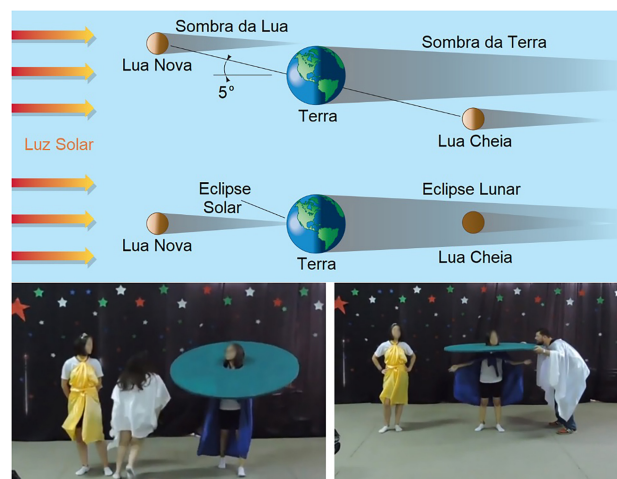


Figura 3: *Superior:* ilustração mostrando que os eclipses não ocorrem em todas as Luas Nova e Cheia devido à inclinação de aproximadamente 5° da órbita da Lua em relação à eclíptica. Para as configurações em que o alinhamento entre o Sol, a Lua e a Terra é perfeito, os eclipses solares na Lua Nova e os lunares na Lua Cheia podem ser observados. Figura adaptada de [33]. *Inferior:* fotos correspondentes mostrando a atuação dos estudantes-atores, com a Terra utilizando um colar de isopor para representar a órbita lunar, o Sol e a Lua nas cores amarelo e branco, respectivamente.

a Lua está na fase Nova, mas os três corpos celestes não estão perfeitamente alinhados, de maneira que o eclipse solar não ocorre. Nesta configuração a Terra vê a Lua abaixo do Sol. Note que o colar de isopor (órbita lunar) está visivelmente inclinado em relação ao chão do palco (eclíptica) nesta imagem. Na foto à direita é mostrado o momento em que a Lua cruza o plano da eclíptica quando a mesma está na fase Cheia. Como os três corpos celestes estão perfeitamente alinhados os estudantes-atores explicam a ocorrência de um eclipse lunar total, com a personagem Lua se escondendo atrás da Terra para não ser vista pelo Sol. Os corpos celestes nesta cena são descritos pelas cabeças dos estudantes-atores.

Os estudantes-atores explicaram a cor avermelhada aparente que a Lua adquire durante um eclipse lunar total e aproveitaram o contexto para falar sobre as cores do céu durante o dia e durante o pôr do Sol. Adicionalmente, eles mencionaram mitos referentes a guerras, maus presságios ou catástrofes naturais iminentes, criados pela humanidade na antiguidade para justificar o fenômeno.

Esse momento foi oportuno para valorizar o desenvolvimento científico, mostrando que a ciência nos fornece um conhecimento organizado e racional do mundo que vivemos, frente à nossa relação emocional decorrente da observação de fenômenos naturais, como os eclipses, que podem culminar no obscurecimento de nossos julgamentos e induzir comportamentos e atitudes indesejados diante da sociedade.

Os estudantes-atores explicaram como os eclipses totais e parciais ocorrem e as regiões de sombra formadas na superfície da Terra durante um eclipse solar, a umbra e a penumbra. Em seguida a Lua fala sobre a frequência anual de eclipses solares e lunares de maneira estimada. Diante da falta de rigor nas estimativas feitas pela Lua, a Terra pergunta se existe um período mais preciso para prever a ocorrência dos mesmos, como o mês sinódico, em que as fases da Lua se repetem periodicamente e de maneira bem definida.

Utilizamos este contexto para introduzir o ciclo de Saros, referente à periodicidade de ocorrência dos eclipses. Este período é conhecido desde a antiguidade, pelo menos há 500 anos antes da era cristã, e é pouco familiar entre os estudantes e o público geral. Os povos babilônios conseguiram determinar o ciclo de Saros revelando a acurácia de suas observações astronômicas, cujos diários foram essenciais para os gregos construírem a máquina de Anticífera (*Antikythera*) no século I antes de Cristo. Este dispositivo mecânico é provavelmente o computador analógico e planetário mais antigo que se conhece e era utilizado para prever a posição de corpos celestes e os eclipses. Este ciclo também pode ter inspirado a construção do monumento megalítico pré-histórico localizado na Inglaterra, conhecido como Stonehenge. Apesar de sua função principal ainda estar em discussão entre os especialistas, a teoria mais aceita é que o mesmo tinha como principal propósito prever eclipses [39, 40].

A simples apresentação do ciclo de Saros pode ser útil para mostrar que o conhecimento científico evoluiu ao longo dos séculos juntamente com os seus conceitos, técnicas e o desenvolvimento de novas tecnologias.

O esqueleto é finalizado com uma discussão sobre a dificuldade de a ciência prosperar em uma sociedade onde o negacionismo científico e a manipulação de informação prevalecem. Contudo, uma possível solução é apresentada para conscientizar a audiência sobre a necessidade de investimentos em uma educação igualitária, laica e pública de qualidade e a valorização das escolas e universidades públicas.

Ao final, saem do palco a Lua, a Terra e o Sol e em seguida entram todos e agradecem ao público, como mostrado na Figura 4.

4. Considerações Finais

A avaliação do uso do teatro como metodologia para comunicar a ciência para o público geral e para auxiliar os estudantes envolvidos na peça a entender melhor os conceitos propostos foi feita pelo professor de maneira qualitativa, focando principalmente na abordagem e no comportamento dos estudantes [41, 42].

A valorização da improvisação nas falas dos estudantes durante os ensaios forneceu maior liberdade aos mesmos para expressar os conceitos científicos com suas próprias palavras. Sempre que um novo conjunto de definições era apresentado pelo professor, esperava-se que os



Figura 4: Foto mostrando o final do espetáculo com o professor responsável pela peça no centro e os cinco estudantes-atores agradecendo a audiência.

estudantes não utilizassem a terminologia canônica da Física corretamente o tempo todo. Neste contexto, o professor trabalhou ativamente para buscar significados e conteúdos ocultos que ajudassem a melhorar a atuação dos estudantes na peça.

Essa abordagem nos propiciou uma descoberta muito importante para a divulgação científica e o ensino de Física ou de ciências, de maneira geral. Se o professor for capaz de correlacionar os conceitos e a terminologia científicos com o que os estudantes estão expressando, palavras e termos técnicos podem ser substituídos em favor de uma maior clareza de linguagem, conduzindo a uma maior clareza dos próprios conceitos. E isso pôde ser percebido pela satisfação da plateia, que parecia se encantar e se divertir com o conteúdo científico da peça apresentado pelos estudantes-atores em uma linguagem acessível para o público geral, protagonizada por eles mesmos.

Apesar dos benefícios mencionados é necessário que o professor fique atento para que a improvisação de um estudante-ator não bloqueie a atuação dos outros, seja por falta de entendimento do que está sendo exposto ou pelo desejo daquele estudante de controlar a forma como as falas dos outros devem prosseguir. Isso pode conduzir a desentendimentos e frustrações e, conseqüentemente, comprometer o bom andamento da peça. Trabalhar a coletividade e a colaboratividade entre os estudantes é fundamental para criar uma atmosfera agradável e produtiva.

Não podemos deixar de mencionar que a expressão corporal e facial, que são características marcantes do teatro, foram grandes facilitadores para os estudantes-atores materializarem os conceitos científicos, fazendo com que os fenômenos discutidos e as características de cada personagem parecessem reais.

Além dos benefícios de comunicar a ciência de uma maneira descontraída e divertida para a comunidade escolar, podemos concluir que a experiência fornecida aos estudantes através do teatro permitiu romper a relação professor-estudante usualmente vivida em sala de aula, para criar uma interação mais significativa, memorável

e colaborativa no processo ensino-aprendizagem. Finalizamos com uma mensagem de um dos estudantes-atores sobre o seu envolvimento com o trabalho desenvolvido para salientar a importância de se implementar o pluralismo metodológico no ensino de ciências:

“Apesar de não gostar muito da matéria [Física] em si, não tive experiências ruins, apenas adquirir mais vontade de estudar. Os encontros do teatro me ensinaram algumas virtudes, amor e respeito ao semelhante, paciência, concentração e empenho.”

Agradecimentos

Os autores expressam seus sinceros agradecimentos aos estudantes-atores pela colaboração e motivação durante a preparação do cenário e do figurino e pela performance excepcional durante a execução do roteiro da peça. Agradecemos também à direção da escola pelo suporte durante toda a execução da proposta. O autor E. B. de M. Junior agradece à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de estudos, código de financiamento 001.

Material Suplementar

O seguinte material suplementar está disponível online: Roteiro completo da peça de teatro.

Referências

- [1] T.S. Kuhn, *The Structure of Scientific Revolutions* (University of Chicago Press, Chicago, 1970), 2 ed.
- [2] E. Morin, *Introdução ao Pensamento Complexo* (Editora Sulina, Porto Alegre, 2005).
- [3] S. Hassani, *From Atoms to Galaxies: A Conceptual Physics Approach to Scientific Awareness* (CRC Press, New York, 2010).
- [4] BRASIL, *Lei nº 13.278, 2 de maio de 2016*. Brasília, 2016. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2016/Lei/L13278.htm, acessado em: 06/08/2024.
- [5] A.P. Santana, *Sala Preta* **2**, 247 (2002).
- [6] R.O.V. Japiassu, *Metodologia do ensino de teatro* (Papirus, Campinas, 2008).
- [7] D. Saviani, *História das ideias pedagógicas no Brasil* (Editora Autores Associados, Campinas, 2013), 4 ed.
- [8] L.M. Moreira e M. Marandino, *Ciência & Educação* **21**, 511 (2015).
- [9] B. Montenegro, A.L.P. Freitas, P.J.C. Magalhães, A.A. dos Santos e M.R. Vale, *Ciência & Cultura* **57**, 31 (2005).
- [10] C.S. Almeida, M. Freire, L. Bento, G. Jardim, M. Ramalho e M. Dahmouche, *Ciência & Educação* **24**, 375 (2018).
- [11] W.E. Francisco Junior, D.M. da Silva, R.C.F. do Nascimento e M. Yamashita, *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências* **14**, 79 (2014).
- [12] B.A. Cabral, em: *Pedagogia do teatro: prática, teoria e trajetórias de formação docente*, editado por L. Contiero, F.F. Santos e M.V.S. Fernandes (EDUFRRN, Natal, 2018).
- [13] N.F. Roque, *Química Nova na Escola* **25**, 27 (2007).
- [14] H.S. Messeder Neto, B.C.S. Pinheiro e N.F. Roque, *Química Nova na Escola* **35**, 100 (2013).
- [15] A.M. Bego, D.P. Moraes, V.A. Moralles e L.R. Baccini, *Química Nova na Escola* **43**, 256 (2020).
- [16] R. Júdice e G. Dutra, *Física na Escola* **2**, 7 (2001).
- [17] N.R. Oliveira, *A Presença do Teatro no Ensino de Física*. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo (2004).
- [18] K. Sheperd-Barr, *Science on Stage: from Doctor Faustus to Copenhagen* (Princeton University Press, New Jersey, 2006).
- [19] M. Medina e M. Braga, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* **27**, 313 (2010).
- [20] M. Carpineti, M. Cavinato, M. Giliberti, N. Ludwig e L. Perini, *Journal of Science Communication* **10**, 1 (2011).
- [21] S.T. Martins e C.S. Fernandes, *Revista Pedagógica* **22**, 1 (2020).
- [22] T.M. Kishimoto, *Pró-Posições* **6**, 46 (1995).
- [23] V. Spolin, *Improvisação para o teatro* (Perspectiva, São Paulo, 1998).
- [24] C.G. West, *Physics Teacher* **61**, 246 (2023).
- [25] R. Antonowiski, M.V. Alencar e L.C.T. Rocha, *Scientific Electronic Archives* **10**, (2017).
- [26] A. Anderson e G. Maffey, *Nature Astronomy* **5**, 861 (2021).
- [27] E.B. Macedo Junior, *O uso do teatro para introdução da Astronomia no ensino médio*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos (2021).
- [28] K.S. Oliveira Filho e M.F.O. Saraiva, *Astronomia e Astrofísica* (Editora Livraria da Física, São Paulo, 2004).
- [29] C. Garwood, *Flat Earth: The History Of An Infamous Idea* (Pan Macmillan, Londres, 2008).
- [30] M.C. Silva Filho, *O negacionismo da ciência compromete o futuro do Brasil*, disponível em: <https://jornal.u.sp.br/artigos/o-negacionismo-da-ciencia-compromete-o-futuro-do-brasil/>.
- [31] H. Escobar, *A ciência contra o negacionismo*, disponível em: <https://jornal.usp.br/ciencias/a-ciencia-contra-o-negacionismo/>.
- [32] NATIONAL RESEARCH COUNCIL, *Working Papers: Astronomy and Astrophysics Panel Reports* (The National Academies Press, Washington, 1991).
- [33] E. Chaisson e S. McMillan, *Astronomy Today* (Pearson, Londres, 2014), 8 ed.
- [34] R. Godwin, *One giant ... lie? Why so many people still think the moon landings were faked*, disponível em: <https://www.theguardian.com/science/2019/jul/10/one-giant-lie-why-so-many-people-still-think-the-moon-landings-were-faked>.
- [35] NASA, disponível em: <https://science.nasa.gov/moon/>.
- [36] IAU, disponível em: https://www.iau.org/public/theme/s/our_moon/.
- [37] P. Floyd, *Brain Damage* (Harvest Records, Londres, 1973).
- [38] E.I. Butikov, *American Journal of Physics* **70**, 1001 (2002).

- [39] F.A.C.C. Chalub, Revista Brasileira de Ensino de Física **31**, 1303 (2009).
- [40] J.W.S. Bernardino, HOLOS **1**, 1 (2020).
- [41] A.S. Godoy, Revista de Administração de Empresas **35**, 57 (1995).
- [42] R. Bogdan e S. Biklen. *Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos* (Porto Editora, Porto, 2013).