

GALILEU, KEPLER E SUAS DESCOBERTAS: ANÁLISE DE UMA PEÇA TEATRAL VIVENCIADA COM ESTUDANTES DO ENSINO FUNDAMENTAL E MÉDIO

Galileo, Kepler and their discoveries: analysis of a theatrical play experienced by primary and secondary education students

Rodrigo Baldow [rodrigobaldow@gmail.com]

Universidade Federal de Alagoas (UFAL)

Av. Lourival Melo Mota, s/n, Tabuleiro dos Martins – Maceió, AL, CEP: 57072-900

Ana Paula Teixeira Bruno Silva [aptbss@gmail.com]

Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)

Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmão, Recife, PE, CEP: 52171-900

RESUMO

Este trabalho apresenta uma experiência didática que teve como objetivo investigar as concepções de estudantes sobre as teorias Geocêntrica e Heliocêntrica, as descobertas de Galileu e as Três Leis de Kepler, bem como verificar suas visões sobre a ciência como verdade absoluta, ou não, a partir de uma atividade teatral. Essa vivência foi realizada com estudantes do Ensino Fundamental e Médio, que construíram, junto com o seu professor de Física, uma peça de teatro que tratou de conhecimentos da História da Astronomia. Após cinco meses da exibição do espetáculo, foi aplicado um questionário, com seis questões, com o objetivo de verificar as contribuições dessas atividades para a construção do conhecimento científico. Diante dos resultados, observou-se que os estudantes, em sua maioria, conseguiram mobilizar suas ideias e levantar hipóteses, refletindo e estabelecendo relações entre as situações vivenciadas e o tema em estudo. Desse modo, essa experiência didática pode ser uma prática pedagógica a ser utilizada por professores de Física, bem como das diversas áreas do conhecimento, que se constitui como um processo lúdico de ensino e aprendizagem do conhecimento científico.

Palavras-chave: Ensino de física, história da ciência, teatro, processo lúdico de ensino e aprendizagem.

ABSTRACT

This work presents a didactic experience which had the objective of investigating students' conceptions about geocentric and heliocentric theories, Galileo's discoveries and the three laws of Kepler, as well as verifying their points of view about science as absolutely true or not true, starting from a theatrical activity. This experience was conducted with primary and secondary education students, who composed, together with their physics teacher, a theatrical play which dealt with concepts of history of astronomy. Five months after the show, a six-question questionnaire was applied in order to verify the contributions of those activities for the construction of scientific knowledge. Considering the results, we observed that most of the students were able to apply their ideas and to develop hypotheses by reflecting and establishing relationships between the experienced situations and the studied theme. Thus, this didactic experience can be a pedagogical practice to be adopted by teachers of physics, as well as teachers of other areas of knowledge, which is a ludic process of teaching and learning scientific knowledge.

Keywords: Physics teaching, history of science, theatre, ludic process of teaching and learning.

Introdução

O ensino de Física não tem se mostrado uma ciência muito estimulante para a maioria dos estudantes. Isso se deve ao fato de seus conteúdos serem, quase sempre, ministrados de forma a explorar apenas fórmulas e equações, não as relacionando com a história da ciência e as situações do dia a dia.

Nessa visão, a escola deve proporcionar aos estudantes um ensino contextualizado e interdisciplinar, voltado para o mundo contemporâneo e a acontecimentos e descobertas históricas, com o intuito de incentivar o raciocínio e a capacidade de aprender, buscando novas abordagens e metodologias para serem desenvolvidas durante a prática pedagógica dos professores.

Para as OCEM (BRASIL, 2006), o uso da História da Ciência no ensino de Física deve aproximar os aspectos científicos dos acontecimentos históricos, possibilitando aos estudantes perceber as dimensões históricas e sociais numa visão da ciência como construção humana. De acordo com os PCN (BRASIL, 1999), perceber essas dimensões históricas e sociais leva o estudante a reconhecer a presença de elementos da Física em obras literárias, peças de teatro ou de obras de arte. Nessa direção, percebe-se que o ensino de Física deve oferecer aos estudantes atividades pedagógicas significativas, que proporcionem a construção de conceitos científicos com suas aplicações práticas e o desenvolvimento de competências e habilidades.

A História da Ciência no ensino de Física contribui para que o estudante perceba a epistemologia do conhecimento estudado, tornando a aula mais agradável e prazerosa. Para Carvalho (2004), a História da Ciência é uma forma de apresentarmos aos estudantes uma ciência dinâmica e viva, discutindo a construção de determinado conhecimento desde sua gênese, até chegarmos à sua concepção atual, sem esquecer que esse mesmo conhecimento pode estar sujeito a alterações no futuro, concordando, assim, com a ideia de construção histórica do conhecimento científico.

Os trabalhos (JÚDICE & DUTRA, 2001; COSTA, RIBEIRO & SOUZA, 2005; CARVALHO, 2006; MOURA & TEIXEIRA, 2008; SILVA, NETO & BARBOSA, 2010) foram publicados ressaltando a relação existente entre a Física e o Teatro, a partir de atividades teóricas e práticas propostas como meio de proporcionar a construção de conceitos físicos da História da Ciência. Para esses autores, a peça de teatro proporciona a curiosidade e reflexões dos estudantes envolvidos, bem como do público ouvinte em relação aos cientistas e conceitos abordados.

Para Oliveira & Zanetic (2004), na atividade teatral pode-se trabalhar a sensibilidade, a percepção e a intuição, possibilitando aos estudantes relacionarem conteúdos, assim como questões sociais com a ciência. Dessa forma, os mesmos criam uma coragem a mais para criticar, expor suas ideias e argumentar. Compartilhando dessa ideia, Medina & Braga (2010, p. 318) afirmam que “a linguagem teatral pode desempenhar um papel poderoso no processo de ensino e da aprendizagem”.

Diante desse contexto, o presente trabalho destaca uma peça teatral vivenciada por estudantes dos ensinos fundamental e médio. A obra tratou das seguintes teorias: as Geocêntricas, de Aristóteles e Ptolomeu; as Heliocêntricas, de Copérnico, com ênfase nas observações de Galileu Galilei e as Leis de Kepler. Assim, verificou-se que através do teatro foi possível proporcionar aos estudantes o desenvolvimento da interpretação, da produção literária, do potencial artístico e da construção de novos significados em Física. Além disso,

procurou-se investigar as concepções dos estudantes sobre as teorias já mencionadas após participarem como atores e/ou ouvintes da referida peça.

Um Breve Histórico sobre as Teorias Geocêntricas e Heliocêntricas

Para o filósofo grego Aristóteles (384 a.C. - 322 a.C.), tudo que havia na Terra era constituído por quatro elementos: terra, fogo, ar e água. A explicação de que um corpo que é lançado para cima sempre volta para baixo deve-se ao fato do objeto procurar seu lugar natural. Se esse corpo possui predominantemente o elemento terra, então ele procuraria o local que ficaria na parte mais baixa, no mundo sublunar. Já a água ficava acima deste, e mais alto estava o ar e o fogo respectivamente. Então, quando se acendia um fogo e a fumaça subia, era porque ela estava indo na direção de seu lugar natural. E tudo que ficava acima da Lua, incluindo ela, mundo supralunar, era formado de um quinto elemento chamado éter, sendo todos os corpos dessa região perfeitos. Os planetas eram como se fossem uma bola de bilhar bem lisa, sem “falhas”. O filósofo grego Ptolomeu (entre o séc I e II d. C) criou a teoria do Geocentrismo, e, nesta, havia muitas das ideias de Aristóteles sobre o universo. A teoria dizia que a Terra estava no centro do universo e parada, e que os outros planetas, assim como a Lua e o Sol, giravam em torno dela, fazendo eles, também, o movimento de epiciclos (ZYLBERSTAJN, 2011).

A teoria do Geocentrismo conseguiu explicar várias ideias e não pode ser considerada absurda nem nos dias de hoje. Todos os dias é fácil ver que o Sol “nasce” no lado leste e se “põe” no lado oeste. Esse movimento dá a sensação de que é o Sol que gira em torno da Terra. O mesmo movimento aparente é observado à noite com as estrelas. Parece que elas estão contornando a Terra em uma superfície esférica. Como o homem está na Terra, ela é seu referencial e é por isso que as duas sensações supracitadas são percebidas por ele, sendo um movimento aparente do Sol e das Estrelas. Na teoria do Geocentrismo, foi defendido que as órbitas dos planetas estavam nessas superfícies imaginárias e que seriam concêntricas.

A ideia de que a Terra estava no centro não foi aceita unanimemente na Grécia antiga. O grego Aristarco Samos (estima-se 310 a.C. a 230 a.C.) defendeu um sistema que colocava o Sol no centro (Heliocentrismo), e os outros astros, incluindo a Terra, girando em torno dessa estrela. Ele também defendeu o movimento de rotação da Terra. Essas ideias não foram muito aceitas na época. Um argumento utilizado para defender a imobilidade da Terra foi o de que se fosse jogado um corpo para cima, se o astro estivesse em movimento, o corpo lançado deveria cair atrás da pessoa que o arremessou, já que ela iria andar junto com este planeta (FARIA, 1985).

Milênios depois, em 1543, com o polonês Nicolau Copérnico, no seu livro *As Revoluções dos Orbes Celestes*, veio novamente à tona o Heliocentrismo. Sua teoria dizia que o Sol estava bem próximo do centro e que os outros astros estavam em torno dele. A Lua, por sua vez, girava em torno da Terra, que se movia em torno de seu próprio eixo. Só essas três afirmações já diferenciavam bastante das ideias de Aristóteles e de Ptolomeu. A última era a explicação que Copérnico utilizava para explicar alguns movimentos aparentes da teoria Geocêntrica. A defesa feita por parte dos gregos com relação à imobilidade da Terra era a responsável pela impressão das trajetórias aparentes. Nas palavras apresentadas no pequeno escrito, chamado *Commentariolus*, que não chegou a ser publicado durante sua vida, Copérnico fez o seguinte comentário:

De fato, os principais argumentos pelos quais os Físicos tentam fundamentar a imobilidade da Terra, apoiam-se sobretudo nas aparências; e aqui elas são

as primeiras a cair por terra, pois consideramos a imobilidade da Terra como devida a essa mesma aparência (COPÉRNICO, 2003, p. 119).

O filósofo italiano Giordano Bruno (1548-1600) foi um dos defensores da teoria copernicana, além de acreditar que no universo havia outros sistemas (como o solar) e que existiam também outros planetas com outras vidas (extraterrestres). Por explicar essas opiniões e bater de frente com a Igreja, ele foi morto na fogueira, servindo de exemplo para muitos que queriam defender a teoria de Copérnico. Esse tipo de morte fez com que muitos cientistas temessem mostrar sua opinião a favor do Heliocentrismo. Mesmo ele não tendo contribuído diretamente com a ciência, Giordano acabou se tornando uma figura heroica pela sua conduta de defender suas ideias até a morte.

Para a Igreja, a ideia de que a Terra estava no centro do sistema era muito bem aceita. Pelo fato de acreditar ser o homem, o filho e a imagem e semelhança de Deus, ela argumentava que o divino não colocaria o ser humano em um local “secundário”, e sim no centro.

No início do século XVII, o astrônomo, matemático e físico italiano Galileu Galilei (1564-1642) ficou sabendo que estavam vendendo um instrumento óptico com duas lentes e um tubo que conseguia enxergar tudo mais de perto. Assim, Galileu interessou-se e partiu para construir seu próprio instrumento, a luneta, que ele descreveu na citação:

Em primeiro lugar, preparei um tubo de chumbo em cujos extremos adaptei duas lentes de vidros, ambas planas em uma face enquanto a outra face era convexa em uma lente e côncava na restante. Assim, com o olho na côncava, vi os objetos tão grandes e próximos que pareciam três vezes mais próximos e nove vezes maiores que quando observados apenas com a visão natural. Mais tarde, fiz outro melhor, que representava os objetos mais de 60 vezes maiores. Por fim, não medindo nem gastos nem fadiga, consegui fabricar um instrumento tão excelente que as coisas vistas com ele pareciam quase mil vezes maiores e mais de 30 vezes mais próximos que quando observados com a faculdade natural (GALILEI, 2009, p.33).

Com esse instrumento, Galileu Galilei, em 1609, conseguiu enxergar crateras e montanhas na Lua, e no ano de 1610, quatro satélites em Júpiter, que foram publicadas no seu livro *Mensageiro das Estrelas*:

Aqui estão, pois, quatro estrelas [...], as quais, com movimentos díspares entre si, realizam seus cursos e órbitas em torno da estrela Júpiter, a mais nobre de todas, como unânime acordo, grandes revoluções em torno do centro do mundo, isto é, em torno do Sol (GALILEI, 2009, p. 28 e 29).

[...]após cuidadosas e repetidas inspeções, deduzimos a opinião, que temos por firme, de que a superfície da Lua e dos demais corpos celestes não é, de fato, lisa, uniforme e de esfericidade exatíssima como tem ensinado uma numerosa corte de filósofos, mas que, ao contrário, é desigual, rugosa e cheia de cavidades e proeminências, não diferente da própria face da Terra, que apresenta, aqui e ali, as cristas das montanhas e os abismos dos vales (GALILEI, 2009, p.36).

Com essas descobertas, ele bateu de frente com as ideias Aristotélicas que diziam que os astros eram perfeitos e que as órbitas deles eram em superfícies concêntricas. As crateras e montanhas na Lua “quebravam” a defesa da perfeição, os satélites de Júpiter “furavam” as superfícies das órbitas e também dava força ao Heliocentrismo, que dizia que junto com a Terra ia a Lua em torno dela. E, tendo outros satélites, reforçava essa “diferença” com a teoria de Ptolomeu.

Segundo Chalmers (1993), os críticos do Heliocentrismo utilizavam um argumento contra essa ideia da Terra ter a Lua junto dela. Eles diziam que isso não poderia ser verdade, porque se a Terra se movimentasse em torno do Sol, segundo o que dizia a teoria de Copérnico, então este planeta deveria deixar a Lua para trás. Mas com a observação dos quatro satélites de Júpiter, esta última descoberta ajudava na defesa do movimento da Lua com a Terra.

Mas, mesmo indo de encontro às ideias de Aristóteles e Ptolomeu, no início de sua profissão na faculdade, Galileu chegou a ministrar aulas ensinando a teoria deles, mesmo crendo na teoria do Heliocentrismo (MOURÃO, 2007). Ele fez isso porque também tinha medo de acabar como Giordano Bruno, se expusesse suas ideias.

Muitos disseram que as observações feitas pela luneta de Galileu eram burlas. Em Roma, o Padre Clavius chegou a declarar que essas observações, que eram tidas como novas, não estavam no céu, e sim nas lentes do instrumento. Existia um argumento que defendia essa opinião. Quando se tirava as lentes da luneta, não se enxergava mais do mesmo jeito. Faltava, naquela época, uma teoria que explicasse o funcionamento de aparelhos como a luneta e o telescópio (DRAKE, 1981).

O astrônomo alemão Johannes Kepler (1571-1630) não tinha tantos problemas para expor suas ideias na Alemanha. Além disso, ele tentou incentivar Galileu a explicar suas ideias a favor do Heliocentrismo e a escrever suas obras, afirmando que:

Se a Itália parece menos conveniente para publicar [as suas obras] e se aí viver constitui para você um obstáculo, talvez a Alemanha nos permita assim proceder. Basta, todavia, comunicar-me, pelo menos em particular, se não desejo fazê-lo em público, o que descobriu em apoio a Copérnico [...] (KEPLER apud MOURÃO, 2007, p. 68).

Kepler, que foi contemporâneo de Galileu, depois de alguns anos de estudos, conseguiu chegar às Três Leis sobre o movimento dos astros. Ideias essas que contribuíram para a defesa da teoria do Heliocentrismo.

A Primeira Lei de Kepler diz que a órbita dos planetas em torno do Sol era uma elipse e que essa estrela estava em um dos focos. Como há milênios a trajetória circular dos astros era defendida e considerada como perfeita, não se podia imaginar outra possibilidade. Kepler foi, então, de encontro a essas últimas afirmações (MOURÃO, 2007). A Segunda e a Terceira Lei de Kepler mostravam, de forma teórica, que quando o astro estava mais perto do Sol, ele era mais rápido. Na verdade, para áreas varridas iguais pelo segmento de reta que vai do astro até o Sol (foco), na trajetória do primeiro, este percorria o trajeto em tempos iguais. E quanto maior era o semi-eixo maior da órbita elíptica (R), maior era o período de translação (T), seguindo a equação: $\frac{T^2}{R^3} = K$. Essas ideias só foram “provadas” pelo matemático, físico e astrônomo inglês Isaac Newton (1642-1727) com a teoria da Gravitação Universal, que dizia que entre dois corpos sempre havia uma força gravitacional proporcional ao produto de suas massas e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre os centros de ambos (SERWAY; JEWETT Jr, 2007). Esse cientista, que nasceu no mesmo ano que Galileu morreu, conseguiu elaborar uma teoria que explicava o movimento dos astros e de corpos na Terra. Mas apesar de sua infundável contribuição com o Heliocentrismo, foi a experiência do pêndulo de Foucault, em meados do século XIX, que fortaleceu a defesa do movimento da rotação da Terra.

Kepler chegou a trabalhar com o astrônomo dinamarquês Tycho Brahe (1546-1601), que foi fundamental para que chegasse às suas leis, já que precisou dos dados obtidos por este

para chegar a elas. Tycho era um excelente astrônomo e conseguiu mostrar algumas “falhas” na teoria Aristotélica-Ptolomaica. Ele demonstrou, no ano de 1577, que um cometa tinha passado acima da Lua. Assim como no ano de 1572, ele observou, no período noturno, que tinha um astro iluminando o céu mais do que o planeta Vênus quando este está com seu máximo brilho (na verdade, o que ele enxergou foi uma explosão de uma estrela com uma grande massa). Esses dois fatos aconteceram no mundo supralunar, eles foram de encontro às ideias aristotélicas que diziam que só existiam mudanças no céu do mundo sublunar (MOURÃO, 2007). Tycho inventou um sistema próprio, em que os planetas giravam em torno do Sol e esse, assim como a Lua, tinha uma trajetória em volta da Terra que estava no centro e fixa. Ele chegou a ter uma ilha do governo dinamarquês, onde construiu um observatório. Mas quando ele teve seu contato com Kepler, não estava mais desenvolvendo suas pesquisas nessa ilha, e sim alojado em Praga.

Galileu é considerado por muitos o pai da Física Moderna. Ele utilizava muitos experimentos para analisar vários conhecimentos e para fazer descobertas. Diferente de Aristóteles, que estudava a natureza sem observar se suas teorias estavam de acordo com experiências relacionadas. Um exemplo da distinção entre esses dois foi a explicação do movimento de corpos em queda livre. Para Aristóteles, quando se jogava duas pedras de massas diferentes em queda livre, a que fosse mais pesada cairia com maior velocidade. Já Galileu dizia que a massa não iria interferir nesse movimento. Com algumas experiências, ele observou essa ideia (ZYLBERSTAJN, 2011).

Outra ideia de Galileu foi a contra-argumentação a defesa dos Aristotélicos, que diziam que se a Terra não fosse fixa, quando um objeto fosse jogado para cima, estando a pessoa, principalmente, em movimento, esse corpo lançado deveria cair atrás dela. Já que este astro em movimento iria deslocar a pessoa junto a ele, tirando-o do local onde a pedra iria cair. Esse cientista passou a inserir a ideia do movimento por inércia e mostrou, através de alguns experimentos, que o corpo voltava para mão da pessoa na experiência citada, sendo esta ideal em um local sem ar. Mas, mesmo com ar, foi possível “provar” (FEYERABEND, 1977).

Galileu chegou a ser proibido de escrever qualquer obra que falasse sobre o sistema Heliocêntrico. Mas o Papa Urbano VIII, que tinha sido nomeado há pouco tempo, no ano de 1624, deixou-o escrever um livro que pudesse falar sobre a teoria de Copérnico, porém de forma hipotética. Galileu então escreveu o livro *Diálogo sobre os Dois Máximos Sistemas do Mundo Ptolomaico e Copernicano*. Nele havia três personagens. Um defendia a ideia do autor (Salviati), o segundo (Simplício) era Aristotélico e o último (Sagredo) era um “leigo”, que no final aceitava os argumentos do primeiro personagem. O Papa se sentiu ofendido em algumas passagens do livro, que ridicularizava alguns argumentos de Simplício. Algumas defesas deste último, sobre a teoria do Geocentrismo, eram parecidas com as de Urbano VIII (RESTON Jr, 1995).

Então o “problema” com Galileu poderia ser um bom caso, para que a imagem do Papa melhorasse. Apesar de tudo isso entre os dois, este último chegou a elogiar o cientista algumas vezes, antes de intimá-lo à inquisição (RESTON Jr, 1995). Veja suas palavras sobre esse cientista: “Observamos nele não apenas a distinção literária, mas também o amor à religião digno da estima Papal” (PAPA URBANO VIII *apud* RESTON Jr, 1995, p. 255).

Galileu participou de algumas inquisições, e, em várias delas, conseguiu sempre se defender da acusação de ser herege, sendo um dos grandes motivos o de defender a teoria do Heliocentrismo. Mas, em uma delas, depois de ser ameaçado, na inquisição, quando mostraram

alguns instrumentos de tortura, o que levou Galileu a negar suas ideias e a ter que escrever sua abjuração, ficando preso até o dia da sua morte.

Para Bernal (1976), nem todos os católicos foram a favor do que aconteceu no julgamento de Galileu. Dos países que seguiam o catolicismo, quase todos foram contra essa decisão. Esse episódio fez alguns cientistas se prevenirem mais ainda com suas publicações e suas defesas. Um exemplo foi o francês René Descartes, que, provavelmente, fez algumas alterações no seu livro *Sistema do Mundo* depois que ficou sabendo do que aconteceu na Itália com Galileu.

Segundo Drake (1981), a igreja católica era composta por sujeitos muito complexos. Um exemplo disso foi quando três cardeais da inquisição se recusaram a assinar a sentença contra Galileu. Luke Holste, que estava ligado à casa de uma dessas três autoridades, enviou uma carta a um amigo de Florença, logo depois da morte de Galileu, falando do reconhecimento que iria começar a aumentar sobre as ideias do cientista:

Chegaram-me hoje notícias da morte do senhor Galileu, morte que toca não só Florença mas o mundo inteiro, e todo o nosso século, que deste homem divino recebeu mais esplendor do que de quase todos os outros filósofos vulgares. Agora, que acabou a inveja, a sublimidade daquele intelecto começará a ser conhecida e servirá toda a posteridade como guia na procura da verdade (HOLSTE apud DRAKE, 1981, p. 146).

No ano de 1992, quase 350 anos depois de ter sido condenado e preso pela inquisição, a Igreja católica, através do papa João Paulo II, fez um pedido de desculpa em nome da instituição pelo *Caso Galileu*. Até esse dia, a sombra desse cientista assombrava a Igreja Católica Romana. Galileu passou sua vida científica lutando pela autonomia dela e defendia que a Igreja, assim como outras instituições, não interferissem nas pesquisas (MARICONDAS & LACEY, 2001). Com o tempo, sua luta foi ficando mais clara de ser enxergada e a contribuição de Galileu na história da ciência foi sendo reconhecida.

A Peça Teatral Vivenciada pelos Estudantes

A peça teatral de título *A História da Astronomia e as Descobertas de Galileu* foi vivenciada em uma escola da rede particular localizada no município de Jaboatão dos Guararapes-PE. A peça foi escrita pelo professor de Física com a contribuição de dois estudantes, que participaram da produção literária e encenação. A dramaturgia não teve o objetivo de escrever uma história completa da Astronomia, e sim, um resumo de alguns momentos importantes relacionados à “luta” entre as teorias Geocêntricas e Heliocêntricas, que ocorreram principalmente no período do Renascimento, dando ênfase ao cientista Galileu e as Leis de Kepler. O professor de Física da escola convidou um grupo de estudantes que tinha apresentado habilidade em atuar como atores de peça teatral em outro evento ocorrido anteriormente na escola. Além deles, foram convidados outros estudantes que demonstraram interesse pelos assuntos relacionados à Astronomia. O cenário e o figurino foram feitos pelos estudantes envolvidos e uma estudante, que tinha a habilidade de desenhar, fez a ilustração da Lua, de Júpiter, das fases de Vênus e duas imagens de Galileu para enfeitar o cenário. A encenação teve uma duração de aproximadamente oito minutos e fez parte da I Semana Literária da escola, sendo apresentada através de cinco cenas a seguir descritas:

Cena I



Figura 1: Galileu e Andrea conversando.

(A peça inicia com uma luneta no meio do palco. Galileu entra e começa a observar)

Galileu: Caraaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaamba! Crateras e montanhas na Lua! Tá lôco meu?

(Galileu gira um pouco o telescópio e grita feito Tarzan:)

Galileu: Uuuuuuuuuuu! Quatro satélites em Júpiter.

(Galileu solta gritos, e de repente para e volta a observar.)

Galileu: Caraca, fases em Vênus!

(Gira novamente o telescópio e exclama:)

Galileu: O Sol tem manchas!

(Ele começa a pular e gritar.) O Sol tem manchas! O Sol tem manchas!

O Sol tem manchas!

(Andrea entra no ambiente e pergunta.)

Andrea¹: O que é isso? Está doido, Galileu?

Galileu: Eu observei! Eu observei!

Andrea: Observou o quê?

Galileu: Através de minha luneta pude observar que existem quatro satélites em Júpiter, fases em Vênus, crateras e montanhas na Lua e manchas no Sol. E essas observações estão indo de encontro às ideias de Ptolomeu e Aristóteles.

¹ No livro *A Vida de Galileu* (BRECHT, 1977), Galileu tem sempre ao seu lado Andrea que era o filho da governanta. Como na peça que foi escrita só tinha personagens homens, foi adaptado Andrea como uma mulher para que uma estudante, que estava muito interessada pudesse participar.

Andrea: Você poderia me explicar?

Galileu: Sim, mas para isso eu terei que voltar no tempo.

Cena II



Figura 2: Ptolomeu e Aristóteles conversando.

Narradora: Aristóteles viveu no séc. IV a.C e Ptolomeu no séc. II d.C, mas simulando um diálogo entre eles:

Aristóteles: O homem é a imagem e semelhança de Deus, e este criou a Terra. Sendo assim, nós somos perfeitos. Assim como os astros, a natureza²... Se bem que tem um povo que é feio, viu? Acho que ele errou na receita nesses casos.

Ptolomeu: Pera aí. Coitados, eles não são culpados de nascerem assim. (Pausa) Olha, eu aperfeiçoei suas ideias e criei uma teoria. Veja como os astros giram em torno da Terra.

(Entra a bailarina que fica dançando ao redor da Terra (que está no centro), fazendo epiciclos, então ela adverte a Terra:

Bailarina: Ei, Terra, você não gira. Fique parada!

Terra: Foi mal! Me empolguei.

(A bailarina continua seu movimento em torno da Terra parada.)

²Parte do que foi dito por Aristóteles, são ideias dos aristotélicos cristãos do período da Renascença.

Cena III

Figura 3: Kepler mostrando o livro para o Rei.

Galileu: Com essas minhas observações, posso provar que o Universo não tem a perfeição que eles dizem. As manchas solares e as crateras na Lua quebram essa ideia de perfeição. E os satélites de Júpiter furam as superfícies que Aristóteles e Ptolomeu acreditaram que existiam nas órbitas dos astros.

Andrea: Huuuuuum, estou começando a entender a importância das suas descobertas. Mas Galileu, se a Igreja descobrir o que você anda fazendo, você pode ir preso?

Galileu: Não se preocupe! Eu escreverei essas descobertas, em algumas obras, como hipóteses.

(Galileu senta numa mesa e começa a olhar seu livro enquanto o tempo passa. Com o livro já publicado, uma pessoa da Igreja chega ao seu encontro.)

Igreja: Bom dia! O senhor é Galileu?

Galileu: Sim, sou eu.

Igreja: Estou aqui a mandado do Papa, para intimá-lo a uma Inquisição.

Narradora: Contemporâneo de Galileu, Kepler consegue chegar às três leis que “explicam” o movimento dos astros no Heliocentrismo.

Cena IV

Kepler chega todo animado no castelo para conversar com o rei:

Kepler: Caro Excelentíssimo, tenho a honra de mostrar as três leis que fiz sobre o movimento dos astros. Elas irão revolucionar a Astronomia.

Kepler entrega ao rei um livro falando sobre essas ideias. O rei abre e depois pede para Kepler explicar:

Rei: Você poderia me explicar essas leis.

Kepler: Claro!

Narradora: Os planetas seguem órbitas elípticas onde o Sol está em um dos focos.

(1ª Lei: usando uma corda presa em duas pessoas, outra pessoa mostra a elipse.)

Narradora: O planeta é mais rápido quando está mais próximo do Sol.³



Figura 4: Demonstração da 1ª lei de Kepler.

(2ª Lei: um carro de fórmula 1 andando em volta do sol. Quando mais perto, mais rápido.)

Narradora: Quanto maior o raio médio da órbita do planeta, maior o período de translação.⁴

(3ª Lei: uma pessoa no meio representa o Sol e outras em volta representando

3 planetas. As que estiverem mais próximas do Sol andam mais rápido.)

(O Rei então comenta com seu ar de superioridade.)

³Esse não é o enunciado da Segunda Lei, mas segue de forma mais simples um pouco do que ela quer dizer.

⁴Ideia do enunciado da Terceira Lei.



Figura 5: Demonstração da 3ª lei de Kepler.

Rei: Kepler, você passou décadas para fazer só isso?

Kepler: É! O que eu fiz em décadas, a humanidade não fez em milênio.⁵

Cena V

Narradora: Mesmo Kepler conseguindo explicar, de certa forma, o movimento dos planetas no Heliocentrismo, a Igreja ainda insistiu em não aceitar.



Figura 6: Galileu na Inquisição.

(Galileu chega a uma de suas Inquisições e senta em um banco. Depois ele percebe que uma pessoa entra na sala com materiais de tortura. Ele olha com um olhão e fica assustado.)

⁵ Parafrazeado de MEDEIROS, 2003.

Homem da Igreja: Você acredita no Heliocentrismo?

Galileu: Não! Não! Não!

(Aristóteles aparece no céu gritando.)

Aristóteles: Galileu, a Terra gira.

Galileu: Fica quieto, Aristóteles! Fica quieto!

Narradora: Galileu foi preso e depois de alguns anos acabou morrendo. Após sua morte, Newton chegou a algumas teorias que “comprovaram” as ideias do Heliocentrismo de Copérnico e as de Kepler. Todos eles contribuíram para a Revolução Científica e fizeram o homem olhar o mundo de uma forma diferente.



Figura 7: Os atores agradecendo o público no final.

A peça inicia com uma luneta no meio do palco, como informado anteriormente, mostrando ao público (professores, estudantes do ensino fundamental e médio, pais e demais funcionários da escola), o instrumento que foi fundamental para as observações de Galileu. Em seguida, Galileu entra, utilizando a luneta, mostrando bastante alegria ao observar as manchas solares, as crateras e montanhas na Lua, as fases de Vênus e os satélites de Júpiter. Era algo muito novo para ele e que “quebrava” com vários ensinamentos que estavam sendo explanados na época. Seguindo a ideia de Kuhn (2007), nesse momento, o paradigma está sendo “quebrado” e há a necessidade de se discutir um novo paradigma. Nesse caso, a teoria do Heliocentrismo começa a ter mais espaço para ser debatida como uma nova ideia. Logo depois que Andrea entra em cena, ele percebe certa alegria além do normal em Galileu, que explica o porquê dessa euforia enlouquecida. Mas para que ele pudesse fazer um bom esclarecimento, ele teve que explicar as ideias de Ptolomeu e Aristóteles. Então, na cena dois, Aristóteles falou que sendo o homem “filho de Deus”, este tem que ocupar o lugar principal e não um secundário, uma vez que Deus não colocaria seu filho em um lugar desprivilegiado. A Terra tinha que está no centro do mundo. Esse argumento era utilizado na época da Renascença pelos aristotélicos cristãos. Ele também falou da perfeição dos astros. No caso, todos os astros supralunares eram perfeitos. Já Ptolomeu deixou claro que sua teoria teve como base as ideias de Aristóteles. E

para mostrar o movimento dos astros em torno da Terra, que estava no centro e fixa, entrou uma bailarina que representava um astro em torno da Terra que também estava em cena. Há uma passagem bem curiosa: a Terra começa a girar no centro da órbita da bailarina (o planeta). Só que na ideia de Ptolomeu e Aristóteles, ela é fixa. Mas sabemos hoje que ela gira. Por isso, a bailarina adverte:

Bailarina: Ei, Terra, você não gira. Fique parada!

Terra: Foi mal! Me empolguei.

É como se Aristóteles e Ptolomeu tivessem “parado” a Terra. Na cena III, Galileu falou um pouco da importância das observações que ele fez com a luneta e no que ela contradizia em relação à Astronomia ensinada na época. E também como ele iria publicar algumas de suas ideias, no caso como hipóteses. Já que o Papa autorizou ele escrever um livro falando da teoria do Geocentrismo e do Heliocentrismo hipoteticamente. E dessa forma, ele podia se defender melhor de acusações de heresia por ir de encontro à teoria do Geocentrismo que a igreja defendia. Ele utilizaria o argumento de que não afirmou nada e, sim, que falou das ideias de Copérnico como hipótese. Logo em seguida, depois de passar alguns anos, Galileu é intimado à inquisição. Mas antes dela acontecer na peça, as ideias de Kepler são mostradas na cena IV devido sua importância a Astronomia e para a teoria copernicana.

Nessa cena, Kepler conversa com um Rei sobre suas três leis e a importância delas para explicar os movimentos dos astros. Ele dá uma ideia do que elas dizem. O Rei, de forma irônica, tenta desqualificar o trabalho de Kepler, já que ele passou muito tempo para conseguir chegar a essas leis, e na época, poucas pessoas realmente as apoiaram. Mas Kepler, de forma categórica, responde que suas leis estão mudando um pensamento que há milênios vinha sendo estudado. E que ele tinha conseguido o que alguns cientistas não estavam tendo êxito. Na verdade, só com a teoria da gravitação de Newton é que realmente as leis de Kepler foram “provadas”. É interessante observar que a fala do Rei reflete a mesma de vários cientistas da época. No momento do ensaio das três leis, conforme está na dramaturgia, os estudantes que participaram do espetáculo, e que nunca tinham estudado este assunto, sentiram uma dificuldade para entendê-las e para encenar também. O professor de Física, que estava coordenando a atividade, teve que parar o ensaio uma vez para explicar as três leis de Kepler e mostrar como elas estavam sendo exploradas dentro da peça. Depois dessa explanação e do debate do assunto, os estudantes começaram a entender essas ideias e começaram a melhorar a encenação delas dentro da atividade. A última cena, mostra como a igreja se portou depois de não conseguir fazer com que Galileu se confessasse. Ele é convocado a uma inquisição, e neste local alguns instrumentos de tortura são mostrados a Galileu no intuito de intimidá-lo. Depois de ver esses instrumentos, Galileu acabou confessando seu apoio ao Heliocentrismo. Ele foi então preso e morreu depois de alguns anos quase cego. No final da última cena, Aristóteles aparece no céu para dizer a Galileu que a Terra gira. Veja:

Homem da Igreja: Você acredita no Heliocentrismo?

Galileu: Não! Não! Não!

Aristóteles aparece no céu gritando.

Aristóteles: Galileu, a Terra gira.

Galileu: Fica quieto, Aristóteles! Fica quieto!

Nesse momento, é como se Aristóteles tivesse vivo, naquela época, possivelmente ele também iria acreditar no movimento da Terra e no Heliocentrismo. E Galileu nunca foi contra

esse filósofo, mas contra os discípulos renascentistas que eram radicais. O próprio Galileu chegou a dizer: “Duvidais talvez que Aristóteles, se visse as novidades descobertas no céu, não mudaria de opinião, corrigindo seus livros, para aproximar-se de doutrinas mais sensíveis...” (GALILEU *apud* PENEREIRO, 2009, p. 180 e 181). Observe nas palavras abaixo que ele chegou a afirmar isso:

Se Aristóteles tivesse sido o homem que imaginam teria sido um espírito intratável, obstinado e de alma bárbara – um homem de vontade tirânica que, considerando todos os outros como carneiros estúpidos, desejasse que os seus próprios decretos tivessem preferência sobre os sentidos e a própria natureza. Mas foram os discípulos de Aristóteles que o coroaram com a autoridade e não ele que a usurpou ou dela se apropriou (GALILEU *apud* DRAKE, 1981, p. 50).

Apesar de Newton não ter “participado” da peça, sendo ele uma figura importantíssima para a “aprovação” do Heliocentrismo, no encerramento, a narradora cita seu nome e a importância de sua teoria.

Levantamento das Concepções dos Estudantes após a Vivência da Peça Teatral

Os quadros a seguir apresentam as categorias das respostas referentes às perguntas elaboradas aos estudantes através de um questionário com seis questões, que foi aplicado cinco meses após a vivência da peça teatral. As duas primeiras questões do questionário versam sobre as teorias Geocêntricas e Heliocêntricas, a terceira está relacionada às contribuições de Galileu à Astronomia, a quarta está associada às ideias dos estudantes sobre a ciência como verdade absoluta, ou não, a quinta trata sobre o entendimento das Três Leis de Kepler a partir das analogias no teatro, e a sexta sobre as contribuições da peça referente aos principais conhecimentos construídos durante o desenvolvimento da mesma.

O objetivo do questionário foi investigar as concepções dos estudantes sobre as teorias Geocêntrica e Heliocêntrica, as descobertas de Galileu e as Três Leis de Kepler. Além disso, verificar suas visões sobre a ciência como verdade absoluta, ou não, a partir de uma atividade teatral, bem como as contribuições dessas atividades para a construção do conhecimento científico.

O grupo foi composto por 10 estudantes. Para identificá-los, utilizamos os números (1, 2, 3, 4 e 5) para os que participaram como atores da peça teatral e, os números (6, 7, 8, 9 e 10) para os ouvintes, sendo que o de número 2 é estudante do 9º ano do Ensino Fundamental, e os demais do Ensino Médio. Fazem parte do 1º ano os de número 1, 7 e 8, do 2º ano os 3, 4 e 5, e do 3º ano os 6, 9 e 10.

Os quadros abaixo apresentam categorias e/ou subcategorias, que retratam as concepções desses estudantes. A quinta questão do questionário será apresentada através de três quadros: o quinto, o sexto e o sétimo, que se referem à 1ª, 2ª e 3ª Lei de Kepler, respectivamente.

QUADRO 1 – Categorização das respostas referentes à questão 1: *Baseando-se na teoria Aristotélica-Ptolomaica, o que ela falava sobre o Universo?*

Categorias das Respostas	Estudantes	Frequências das respostas	%
O céu era perfeito. A Terra era fixa e estava no centro com os astros girando ao seu redor.	9	1	10

O céu era perfeito. A Terra estava no centro do universo com os astros girando ao seu redor.	1, 2, 4, 7, 8	5	50
O céu era perfeito.	3, 5	2	20
A Terra estava no centro do universo com os astros girando ao seu redor.	10	1	10
A Terra era fixa e estava no centro de tudo com os astros girando ao seu redor.	6	1	10
TOTAL	-	10	100

Analisando as respostas dadas pelos estudantes, no quadro 1, percebe-se que todos conseguiram apresentar em sua fala, no mínimo, algo que realmente está relacionado com a teoria Aristotélica-Ptolomaica. Na maioria das respostas, os estudantes disseram que a Terra estava no centro do universo e os outros astros giravam ao redor, como também, lembraram da perfeição do céu, que era defendida por Aristóteles. Cada uma dessas afirmações foi citada por 80% dos estudantes. Um detalhe que não foi ressaltado pela maioria, apenas 20% comentaram, foi o de que a Terra não se movia. O estudante 9 foi o que teve a resposta mais completa, dizendo que “O céu era perfeito. A Terra era fixa e estava no centro com os astros girando ao seu redor”. Os estudantes 1, 2, 4, 7 e 8 responderam da mesma forma, apenas não ressaltaram que a Terra era fixa.

Observa-se também que o movimento de epiciclos não foi citado por nenhum estudante, como afirmado por Ptolomeu, na teoria do Geocentrismo e ressaltado na Cena II da dramaturgia:

“Ptolomeu: Veja como os astros giram em torno da Terra. (Entra a bailarina que fica dançando ao redor da Terra, que está no centro, fazendo epiciclos, então ela adverte a Terra: Ei, Terra, você não gira. Fique parada!”.

Assim, através das respostas apresentadas pelos estudantes, percebe-se que a maioria das concepções estava mais voltada para conceitos científicos, o que nos leva a refletir sobre práticas pedagógicas que relacionam História, Filosofia da Ciência, Física e Teatro, como sendo capaz de colocar a temática da ciência em discussão, contribuindo para a construção do conhecimento dos estudantes dos ensinos fundamental e médio. Silva, Neto & Barbosa (2010), evidenciam também a importância da História da Ciência combinada ao papel da arte. Para esses autores, o teatro científico proporciona aos estudantes uma aprendizagem significativa em Física, pois estes poderão perceber semelhanças com percepções do passado que foram confrontadas e descartadas, e as que foram apresentadas por eles durante a peça teatral.

QUADRO 2 – Categorização das respostas referentes à questão 2: *Baseando-se na teoria Copernicana, o que ela falava sobre o Universo?*

Categorias das Respostas	Estudantes	Frequências das respostas	%
O Sol estava no centro do universo e os outros astros giravam em torno dele. O céu não era perfeito como os gregos acreditavam.	4, 7	2	20
O Sol estava no centro do universo e os outros astros giravam em torno dele.	1, 5, 6, 8, 9, 10	6	60

O Céu não era perfeito como os gregos acreditavam.	3	1	10
A Terra não estava no centro e o céu não era perfeito como os gregos acreditavam	2	1	10
TOTAL	-	10	100

No quadro 2, verifica-se que a maioria dos estudantes conseguiu apresentar ideias voltadas ao conceito científico. Observa-se que 40% dos estudantes relacionaram a “quebra” da perfeição dos astros com as ideias de Copérnico. Pelo que mostra na peça, foi Galileu que começou a romper a ideia da perfeição. Isso pode ter acontecido devido esse último cientista ter defendido a teoria Heliocêntrica, dando a entender, por parte desses estudantes, que as ideias de Galileu faziam também parte da teoria copernicana.

Verifica-se que 80% dos estudantes, 1, 4, 5, 6, 7, 8, 9 e 10, falaram que o Sol estava no centro do Universo e os outros astros giravam ao redor dessa estrela. Farias (1985), ressalta essa ideia, defendida pelo grego Aristarco de Samos, que foi o primeiro a defender um sistema que colocava o Sol no centro (Heliocentrismo), e os outros astros, incluindo a Terra, girando em torno dele. Ideia que não foi aceita na época. As Cenas III e IV mostraram momentos históricos do Heliocentrismo, contribuindo para que esses estudantes expressassem em suas falas essas ideias.

Observa-se, também, que 40% dos estudantes, 2, 3, 4 e 7, acrescentaram em suas respostas que o céu não era perfeito e a Terra não estava no centro do universo. Seguindo a dramaturgia da peça teatral, essa afirmação está relacionada com a “quebra” das ideias Aristotélicas-Ptolomaicas que aconteceram, principalmente, com as observações de Galileu.

Analisando as falas dos estudantes, percebe-se que a maioria das concepções, em relação ao Heliocentrismo de Copérnico, estava voltada para a ideia de que o Sol estava no centro do universo, e não a Terra, como foi defendida pela teoria Aristotélica-Ptolomaica, que foi enfatizada no Quadro 1 pelos estudantes.

QUADRO 3 – Categorização das respostas referentes à questão 3: *Galileu, físico, matemático e astrônomo, realizou vários trabalhos, contribuindo para a Ciência. Qual foi sua contribuição na Astronomia?*

Categorias das Respostas	Estudantes	Frequências das respostas	%
Observou crateras e montanhas na Lua, manchas no Sol, as fases de Vênus e 4 satélites de Júpiter. Essas observações contribuíram para a “quebra” das ideias aristotélica-ptolomaica.	2, 5, 8	3	30
Observou crateras e montanhas na Lua, manchas no Sol e 4 satélites de Júpiter. Essas observações contribuíram para a “quebra” das ideias aristotélica-ptolomaica.	9	1	10
Observou crateras e montanhas na Lua e manchas no Sol. Essas observações contribuíram para a “quebra” das ideias aristotélica-ptolomaica.	4	1	10

Observou crateras e montanhas na Lua, manchas no Sol, as fases de Vênus e 4 satélites de Júpiter.	1, 3, 6, 7	4	40
Galileu descobriu fatos importantes que foram revolucionários para a ciência.	10	1	10
TOTAL	-	10	100

Na análise do quadro 3, verifica-se que 90% dos estudantes citaram nas suas respostas as observações mais importantes de Galileu, como as crateras e montanhas na Lua, manchas no Sol, as fases de Vênus e os quatro satélites de Júpiter, que foram comentadas na peça teatral. Deixando a entender que a peça mostrou de forma enfática essas observações, e que os estudantes conseguiram entender sua importância. Verifica-se, também, que 50% dos estudantes ressaltaram a “quebra” da ideia da perfeição dos astros supralunares defendida por Aristóteles. O estudante 10, respondeu que Galileu fez descobertas importantes para ciência, não ressaltando quais seriam essas.

Diante desse quadro, verifica-se que as ideias dos estudantes estavam voltadas, em sua maioria, para os conceitos históricos, sendo ressaltadas por eles a importância das descobertas realizadas por Galileu. Assim, percebe-se que o teatro contribuiu de forma relevante para a construção dos conhecimentos dos estudantes sobre as descobertas desse cientista na Astronomia. Moura & Teixeira (2008), também afirmam que o teatro científico desperta nos participantes o interesse pela ciência, incentivando-os a realizarem pesquisas de modo a aprofundarem seus conhecimentos científicos.

QUADRO 4 – Categorização das respostas referentes à questão 4: *Dentro da peça de Teatro, ela falava sobre o modo como a ciência passou a explicar o Universo. Baseado nisso, você considera que o que a ciência diz é uma verdade absoluta? Por quê?*

Categorias das Respostas		Estudantes	Frequências das respostas	%
Não	As ideias de Kepler e Galileu são exemplos de como a ciência pode mudar	6, 8	2	20
	As teorias científicas estão evoluindo.	7, 9, 10	3	30
	Ninguém tem uma verdade absoluta.	2	1	10
	A evolução da ciência. A limitação para explicar o mundo. A crença do ser humano.	5	1	10
Sim	Comprovação de várias ideias e a publicação em obras.	3	1	10
	A explicação da ciência não é por misticismo. E sim através de estudos e pesquisas através dos anos, que acabam descobrindo coisas novas.	1, 4	2	20
TOTAL		-	10	100

Percebe-se no quadro 4, que 70% dos estudantes disseram que a ciência não tem uma verdade absoluta, está sempre mudando. As ideias de Galileu e Kepler acabaram servindo de exemplo, para alguns, de como a ciência pode mudar. A peça serviu para que a maioria observasse o desenvolvimento contínuo da ciência e, que dentro da sua história, percebesse que ela sempre está evoluindo. Os estudantes 1 e 4 foram contraditórios na sua resposta. Afirmaram sim, mas justificaram que as novas descobertas na ciência ocorrem com o passar dos tempos. Com essa afirmação, eles dão a entender que, a ciência não é uma verdade absoluta. Apenas o estudante 3 talvez tenha acreditado que, depois de algumas descobertas, tenham sido comprovadas algumas teorias, sendo essas publicadas em obras.

QUADRO 5 – Categorização das respostas referentes à questão 5 (1ª Lei de Kepler): *Durante a apresentação da peça, foi explicada as três leis de Kepler. Com base na forma como foi explanada essas ideias, como você a entendeu?*

Categorias das Respostas	Estudantes	Frequências das respostas	%
Os planetas giram em torno do Sol numa trajetória elíptica.	1, 6	2	20
Os planetas giram em órbitas elípticas e o Sol fica em um dos focos.	2, 5, 7, 9	4	40
Explica a elipse.	8	1	10
É a elipse e o Sol fica no foco	3	1	10
Não respondeu	4, 10	2	20
TOTAL	-	10	100

No quadro 5, 80% dos estudantes, 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8 e 9, colocaram em suas respostas a palavra elipse. No entanto, 60% afirmaram que essa figura geométrica representa a trajetória dos planetas em torno do Sol e, 40% responderam, também, que o Sol estava em um dos focos. Já 20% dos estudantes, 3 e 8, comentaram que a 1ª lei de Kepler era a da Elipse, e o estudante 3, comentou que o Sol ficava em um dos focos da elipse. Os estudantes 4 e 10 não responderam, mesmo tendo vivenciado a peça teatral, um como participante da peça e o outro como ouvinte, respectivamente. A Primeira Lei de Kepler diz que a órbita dos planetas em torno do Sol era uma elipse e que essa estrela estava em um dos focos (MOURÃO, 2007). Diante desse contexto, percebe-se que a maioria das concepções está voltada para as ideias dessa lei.

QUADRO 6 – Categorização das respostas referentes à questão 5 (2ª Lei de Kepler):

Categorias das Respostas	Estudantes	Frequências das respostas	%
Quanto mais perto do Sol estiver o astro maior será sua velocidade.	1, 2, 3, 5, 8, 9	6	60
Quando o astro está perto do Sol sua órbita acelera.	6	1	10

É a das áreas. Quanto mais perto do Sol estiver o astro maior será sua velocidade.	7	1	10
Não respondeu.	4, 10	2	20
TOTAL	-	10	100

Analisando as respostas do quadro 6, percebe-se que 80% dos estudantes, 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8 e 9, apresentaram a ideia da 2ª Lei de Kepler, como foi colocado na Cena III da peça teatral. No entanto, o 7 também falou que a 2ª Lei de Kepler é a lei das áreas. Também se verifica que os estudantes 4 e 10 não responderam a questão, referente a 2ª Lei de Kepler, como mostrado também no quadro 5.

QUADRO 7 – Categorização das respostas referentes à questão 5 (3ª Lei de Kepler):

Categorias das Respostas	Estudantes	Frequências das respostas	%
Quanto maior o raio médio da órbita do astro maior o período de translação.	1, 2, 3, 5, 6, 9	6	60
Quanto mais longe do Sol maior será o período de translação dos astros.	4, 7, 8	3	30
Não Respondeu	10	1	10
TOTAL	-	10	100

No quadro 7, 90% das respostas, estudantes 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 9, foram voltadas para as ideias apresentadas na Cena III. Observa-se que 60% falaram sobre a relação proporcional entre o raio médio da órbita do planeta em torno do Sol e o período de translação. Vale salientar que essa relação é a do cubo do raio médio da órbita que é proporcional ao quadrado do período de translação de um planeta. Os outros 30% comentaram sobre a proporção da distância do planeta ao Sol e o período de translação. Nesta questão, verifica-se que apenas o estudante 10 não respondeu sobre as Três Leis de Kepler.

Analisando os quadros 5, 6 e 7, observa-se que os estudantes 1, 2, 5, 7 e 9 falaram sobre as Três Leis de Kepler de acordo com as ideias apresentadas na dramaturgia e voltadas para o conceito científico. Enquanto que 3 e 8, ao abordarem suas ideias sobre a 1ª Lei de Kepler, não apresentaram de acordo com os conceitos científicos. No entanto, conseguem expor as ideias da 2ª e 3ª Lei voltadas para esse conceito. O estudante 6 na 2ª Lei confundiu órbita com o próprio planeta, mas conseguiu expressar a 1ª e 3ª Lei. Como citado anteriormente, o 4 abordou sobre a 3ª Lei de Kepler e não apresentou a 1ª e 2ª Lei de Kepler. Apenas o estudante 10 não respondeu nenhuma das Três Leis.

QUADRO 8 – Categorização das respostas referentes à questão 6: *Qual foi a maior contribuição dessa peça, para você, em termo de conhecimento?*

Respostas	Estudantes
Conhecer a Astronomia, principalmente sua história, baseando-se nas ideias de Aristóteles e Ptolomeu, que depois foram substituídas pela de Copérnico, apoiadas e defendidas por Galileu e Kepler. O espetáculo proporcionou uma oportunidade para as pessoas conhecerem a História da Astronomia e olhar o universo de uma forma diferente.	4, 7, 8
Observar os passos do ser humano, desvendando os mistérios do universo. Conhecer a “luta” de Galileu relacionada a Igreja para conseguir “provar” suas descobertas mesmo sabendo que poderia ser condenado a morte.	2, 6
A vivência da peça contribuiu para a construção dos conhecimentos sobre a História da Ciência, principalmente as pesquisas realizadas, os documentários e os livros relacionados a Astronomia.	3, 5
Conhecer melhor a história da Astronomia, devido ao Heliocentrismo de Copérnico, as descobertas de Galileu e as leis de Kepler sabemos que hoje a Terra não está no centro do universo. Mas mesmo assim, em certa parte, eu acredito na teoria do Geocentrismo, pois a Terra está no centro do universo dependendo do referencial.	1
Aprimorar os conhecimentos gerais.	9
Perceber, de um novo jeito, as descobertas dos cientistas, devido às ideias apresentadas na peça com suas expressões.	10

No quadro 8, os estudantes 4, 7 e 8 ressaltaram em suas falas a construção do conhecimento sobre a História da Astronomia, em relação às ideias de Aristóteles e Ptolomeu, Copérnico, Galileu e Kepler. Além disso, na visão dos mesmos, como também do estudante 10, a peça proporcionou, não só a eles, mas também aos espectadores conhecer a História da Astronomia e observar o universo de uma forma diferente. Essa afirmação pode estar relacionada à mudança do olhar em relação ao sistema que hoje é o solar e que, na época do Geocentrismo, era defendida a ideia que a Terra era o centro do universo. Os estudantes 2 e 6 comentaram sobre a relação da ciência com a Igreja, enfatizando a luta de Galileu para defender suas ideias.

Os estudantes 3 e 5 deram ênfase aos momentos de pesquisas realizados e aos livros de Astronomia e documentários assistidos. Percebe-se que as leituras que fizeram individualmente e em grupo durante os ensaios junto ao professor de Física, bem como os vídeos assistidos proporcionaram o levantamento de hipóteses, discussões e reflexões dos participantes da dramaturgia.

Uma curiosidade dita pelo estudante 1, foi a de que a Terra poder ser o centro do sistema dependendo do referencial adotado. Como esse estudante era do 1º ano do Ensino Médio e já tinha vivenciado o conteúdo na disciplina de Física denominado *referencial*, a visão dele foi bastante importante, já que os homens vivem nesse planeta e suas observações são feitas a partir dele que é tomado como referência. Não é à toa que todos os dias se vê o Sol “nascendo” e se “pondo”, parecendo que o Sol gira em torno da Terra, assim como, durante a noite, as estrelas parecem estar girando em torno desse planeta. Essas sensações acontecem, principalmente, porque o homem está nesse astro, que faz o movimento de rotação. O estudante

9 não conseguiu dar uma resposta coerente com a pergunta. Não deixando claro qual foi a maior contribuição da peça para si.

Assim, verificam-se nas falas dos estudantes as contribuições da peça teatral para a construção do conhecimento quanto aos fatos históricos e conceitos científicos, bem como reflexões sobre a importância de lutar pelos objetivos, colocado como exemplo Galileu. Observa-se também que essas contribuições foram apresentadas não somente pelos atores da peça teatral, mas também pelos ouvintes.

Considerações Finais

Considerando-se os resultados apresentados e analisados, baseados na vivência da peça teatral pelos estudantes do Ensino Fundamental e do Médio, percebe-se que a dramaturgia, os ensaios, as leituras, os vídeos, os momentos de discussões, a apresentação da peça para o público contribuíram de forma relevante para a construção do conhecimento dos estudantes que participaram da dramaturgia e dos que foram ouvintes, fazendo com que eles não só passassem a conhecer as teorias Geocêntricas, de Aristóteles e Ptolomeu; Heliocêntricas, de Copérnico, com ênfase nas observações de Galileu Galilei e Leis de Kepler, mas também, como essas ideias foram construídas.

O envolvimento dos estudantes na peça de teatro foi bastante intenso, uma vez que participaram de todas as atividades propostas, colaborando com sua construção. Nos momentos de discussão, principalmente nos ensaios, as teorias abordadas dentro da dramaturgia contribuíram para uma visão sobre a História da Ciência, ajudando-os a observar que a ciência está sempre evoluindo e não possui uma verdade absoluta.

Verifica-se que houve uma mudança nos posicionamentos dos estudantes quanto à ciência Física e à Astronomia após a vivência da peça teatral, levando-os a refletir sobre o desenvolvimento de leis e teorias estudadas. Os participantes da peça e os ouvintes perceberam que os cientistas foram e são pessoas comuns, como eles próprios, que através de muito estudo e dedicação conseguiram, e conseguem, explicar fenômenos do dia a dia.

Nota-se, também, que a maioria dos estudantes conseguiu apresentar suas ideias diante das questões do questionário sobre a História das Ciências e da Astronomia, levando-os a refletir sobre as leis e teorias. Além disso, observou-se que o teatro possibilitou aos estudantes manifestarem suas ideias prévias, trabalhar em grupo, pesquisar, ler, discutir e refletir, que são procedimentos sugeridos pelos PCN (1999), PCN+ (2002) e as OCEM (2006).

A proposta de trabalhar o teatro sugere a viabilidade de uma prática de ensino voltada para a construção de conceitos científicos, não apenas da História da Ciência, mas também de outros conceitos físicos, químicos, biológicos, históricos ou outros que os professores queiram trabalhar. Assim, espera-se que os resultados deste trabalho possam contribuir para as práticas pedagógicas dos professores de Física e das diversas áreas do conhecimento.

Referências

BERNAL, J. D. *Ciência na História*. Lisboa: Livros Horizonte, 1976, v. 2.

BRASIL. Ministério da Educação. *Orientações Curriculares para o Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*. Brasília: SEB, 2006.

- BRASIL. *PCN+: Orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais, Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*. Brasília: Ministério da Educação e Cultura, 2002.
- BRASIL. *Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio*. Brasília: Semtec, 1999.
- BRECHT, B. *A Vida de Galileu*. São Paulo: Editora Abril Cultura, 1977.
- CHALMERS, A. F. *O Que é Ciência Afinal?*. São Paulo: Editora Brasiliense, 1993.
- COPÉRNICO, N. *Commentariolus: Pequeno Comentário de Nicolau Copérnico sobre suas próprias hipóteses acerca dos movimentos celestes* / Introdução, tradução e notas Roberto de Andrade Martins. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2ª Edição, 2003.
- CARVALHO, A. M. et al. *Ensino de Ciências: Unindo a Pesquisa e a Prática*. São Paulo: Pioneira Thomsom Learning, 2004.
- CARVALHO, S. H. M. Uma Viagem pela Física e Astronomia Através do Teatro e da Dança. *Revista Física na Escola*. 2006, p. 11-16.
- COSTA, E. B. C.; RIBEIRO, N. B. P.; SOUZA, R. R.. de. *A Utilização do Teatro para Enriquecer o Aprendizado do Conteúdo de Física no Ensino Fundamental e Médio*. Rio de Janeiro: XVI Simpósio Nacional de Ensino de Física, p. 1-3, 2005.
- DRAKE, S. *Galileu*. Lisboa: Publicações Dom Quixote, 1981.
- FARIAS, R. P. *Fundamentos de Astronomia*. Campinas: Papirus, 2ª edição, 1985.
- FEYERABEND, P.. *Contra o Método*. Rio de Janeiro: Livraria Francisco Alves Editora, 1977.
- GALILEI, G. *O Mensageiro das Estrelas*. São Paulo: Duetto Editorial, 2009.
- JÚDICE, R.; DUTRA, G.. Física e Teatro: Parceria que deu certo!. *Revista Física na Escola*, v. 2, n. 1, p. 7-9, 2001.
- KUHN, T. S. *A Estrutura das Revoluções Científicas*. São Paulo: Editora Perspectiva, 9ª Edição, 2007.
- MARICONDA, P.; LACEY, H. A Águia e os Estorninhos: Galileu e a autonomia da ciência. *Revista Tempo Social*, Vol. 13, nº 1, p. 49-65, 2001.
- MASON, S. F.. *História da Ciência: As principais correntes do pensamento científico*. Porto Alegre: Editora Globo, 1ª Edição, 1964.
- MEDEIROS, A. Continuação da Entrevista com Kepler: a Descoberta da Terceira Lei do Movimento Planetário. *Revista Física na Escola*, v. 4, n.1, p. 19-24, 2003.
- MEDINA, M.; BRAGA, M.. O Teatro como Ferramenta de Aprendizagem da Física e de Problematização da Natureza da Ciência. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 27, n. 2, p. 313-333, 2010.
- MOURA, D. A.; TEIXEIRA, R. R. P.. O Teatro Científico e o Ensino de Física – Análise de uma Experiência Didática. *Revista Ciência e Tecnologia*, v. 11, n. 18, P, 1-17, 2008.
- MOURÃO, R. R. F.. *Kepler — A descoberta das Leis do Movimento Planetário*. São Paulo: Odysseus Editora, 2ª edição, 2007.

OLIVEIRA, N. R.; ZANETIC, J.. *A Presença do Teatro no Ensino de Física*. Jaboticatubas: IX Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Física, p. 1-12, 2004.

PENEREIRO, J. C.. Galileo e a Defesa da Cosmologia Copernicana: a sua Visão do Universo. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 26, n. 1, p. 173-198, 2009.

RESTON Jr, J. *Galileu – Uma Vida*. Rio de Janeiro: José Olympio Editora, 1995.

SERWAY, R. A.; JEWETT Jr, J. W.. *Princípios de Física*. São Paulo: Thomson Learning, vol. 1, 2007.

SILVA, V. S. T.; NETO, A. V. de A.; BARBOSA, M. L.. *Ensino de Física com Enfoque no Teatro e História da Ciência*. Feira de Santana: XIV Seminário de Iniciação Científica da Universidade Estadual de Feira de Santana, p. 1053-1055, 2010.

ZYLBERSTAJN, A. *A Evolução das Concepções sobre Força e Movimento*. Departamento de Física da Universidade Federal de Santa Catarina. Disponível em: <www.fsc.ufsc.br/~arden/evolucaohist.pdf>. Acesso em: 01 fev. 2011.