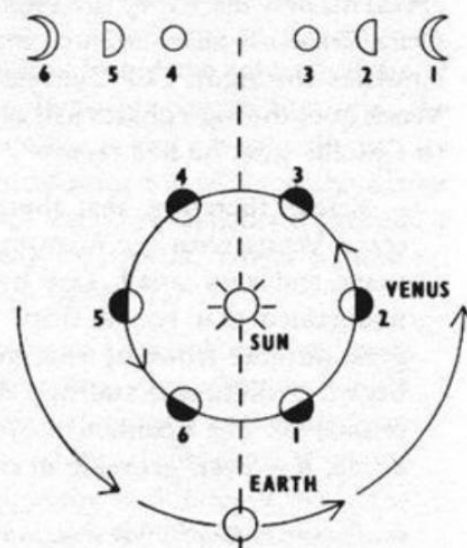
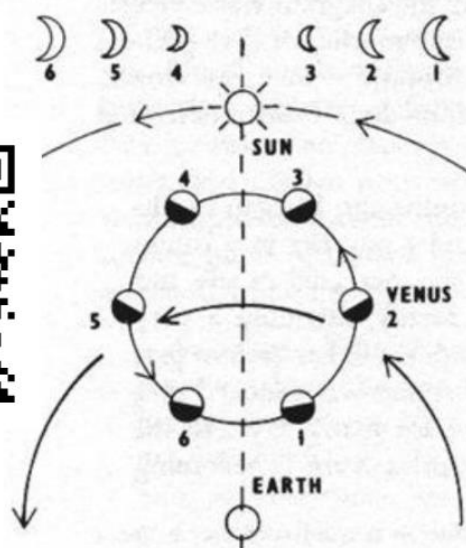


PRODUTO EDUCACIONAL

SEQUÊNCIA DIDÁTICA

GABRIEL HENRIQUE GERALDO CHAVES MORAIS
ALEXANDRE BAGDONAS

O ENSINO DA REVOLUÇÃO COPERNICANA



O ENSINO DA REVOLUÇÃO COPERNICANA



ppgecem

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

COLEÇÃO DE E-BOOKS *PRÁTICAS PEDAGÓGICAS E FORMAÇÃO DOCENTE*

O ENSINO DA REVOLUÇÃO COPERNICANA

Gabriel Henrique Geraldo Chaves Morais
Alexandre Bagdonas



Copyright © dos autores

Todos os direitos garantidos. Qualquer parte desta obra pode ser reproduzida, transmitida ou arquivada desde que levados em conta os direitos dos autores.

Ficha catalográfica elaborada pela Coordenadoria de Desenvolvimento do Acervo da Biblioteca Universitária da UFLA

Morais, Gabriel Henrique Geraldo Chaves.

Uma sequência didática para o ensino da revolução copernicana [recurso eletrônico] / Gabriel Henrique Geraldo Chaves Moraes, Alexandre Bagdonas. – Lavras: PPGCEM/UFLA, 2024.

1 recurso online (35 p.) : il. color.

Modo de acesso: <http://repositorio.ufla.br/handle/1/56524>

Publicação digital (e-book) no formato PDF.

ISBN: 978-65-84982-26-0

1. História da ciência. 2. Filosofia da ciência. 3. Natureza da ciência. 4. Ensino de astronomia. 5. Revolução Copernicana.. I. Bagdonas, Alexandre. II. Título.

CDD - 370

Bibliotecária: Defátima Aparecida Silva Pessoa - CRB6/1496

Coordenador da Coleção de e-books *Práticas Pedagógicas e Formação Docente*:

José Antônio Araújo Andrade

Editor responsável:

José Antônio Araújo Andrade

Revisão:

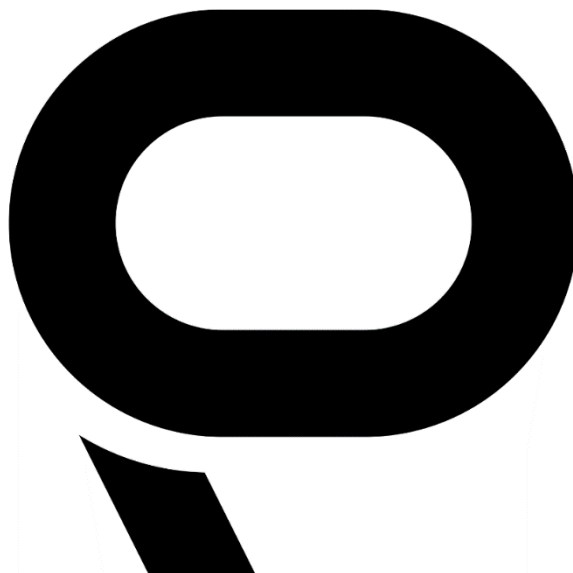
Vânia Xavier Melo

Capa:

Gabriel Henrique Geraldo Chaves Moraes, Alexandre Bagdonas e José Antônio Araújo Andrade

Diagramação:

José Antônio Araújo Andrade



Coleção de e-books Práticas Pedagógicas e Formação Docente

José Antônio Araújo Andrade

Marianna Meirelles Junqueira

Iraziet da Cunha Charret

Conselho Editorial

Dra. Adair Mendes Nacarato – Universidade São Francisco – Brasil

Dra. Adriana Aparecida Molina Gomes – Universidade Federal do Mato Grosso do Sul – Brasil

Dra. Adriana Correia de Almeida – Instituto Federal do Sul de Minas – Brasil

Dra. Cármen Lúcia Brancaglioni Passos – Universidade Federal de São Carlos – Brasil

Dra. Cristina Carvalho de Almeida – Instituto Federal do Sul de Minas – Brasil

Dr. Evandro Fortes Rozentaliski – Universidade Federal de Itajubá – Brasil

Dra. Flávia Cristina Figueiredo Coura – Universidade Federal de São João Del Rei – Brasil

Dra. Francine de Paulo Martins Lima – Universidade Federal de Lavras – Brasil

Dr. Frederico Augusto Totti – Universidade Federal de Alfenas – Brasil

Dr. Gildo Giroto Junior – Universidade Estadual de Campinas – Brasil

Dra. Iraziet da Cunha Charret – Universidade Federal de Lavras – Brasil

Dr. João Pedro da Ponte – Universidade de Lisboa – Portugal

Dr. José Antônio Araújo Andrade – Universidade Federal de Lavras – Brasil

Dra. Leonor Santos – Universidade de Lisboa – Portugal

Dr. Luciano Fernandes Silva – Universidade Federal de Itajubá – Brasil

Dra. Maria do Carmo de Sousa – Universidade Federal de São Carlos – Brasil

Dra. Marianna Meirelles Junqueira – Universidade Federal de Lavras – Brasil

Dr. Regilson Maciel Borges – Universidade Federal de Lavras – Brasil

Dra. Regina Célia Grando – Universidade Federal de Santa Catarina – Brasil

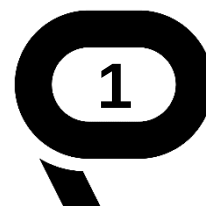
Dr. Ronei Ximenes Martins – Universidade Federal de Lavras – Brasil

Dr. Vitor Fabrício Machado Souza – Universidade Federal do Paraná – Brasil

Dr. Wilson Elmer Nascimento – Universidade Federal do Rio Grande do Norte – Brasil

SUMÁRIO

1	APRESENTAÇÃO.....	9
2	DETALHAMENTO AULA A AULA	11
	Atividade 1: Um debate guiado sobre os modelos planetários	12
	Atividade 2: Reflexões mediadas sobre Ndc.....	20
	Atividade 3: Visões de natureza da ciência a partir de estudos sobre Galileu	23
	Atividade 4: Uma discussão sobre os dilemas éticos vividos por Galileu ..	30
3	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	33
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	35



APRESENTAÇÃO

Caro professor (a)

Este produto educacional é uma proposta de sequência de aulas com foco no estudo do período da revolução copernicana. Este episódio histórico redundou na substituição do sistema geocêntrico, um sistema planetário em que a Terra se encontra em uma posição fixa no centro do universo e os demais corpos a orbitam, pelo sistema heliocêntrico, sistema planetário em que a Terra deixa de ocupar uma posição fixa no centro e passa, juntamente com os demais planetas, orbitarem o sol.

Galileu Galilei foi peça fundamental nesta revolução e através de suas observações no telescópio, seus trabalhos sobre o movimento dos corpos e sua contribuição ao desenvolvimento do método científico, ele se tornou um dos cientistas mais conhecidos pela humanidade.

Nesse contexto, esta sequência didática busca através de estudos baseados em história e filosofia da ciência (HFC) a utilização de textos que exploram os elementos que enriquecem uma abordagem histórico-filosófica para o ensino de ciências, mais especificamente para o ensino de astronomia e auxiliam na problematização de concepções de senso comum sobre o desenvolvimento científico e nos levantamentos de questões sobre um período histórico e seus personagens. Propondo assim uma reflexão quanto às percepções dos alunos sobre a figura do cientista e sobre a natureza da ciência (NdC).

A natureza da ciência envolve aspectos de vários estudos sociais da ciência (Sociologia, Filosofia e História da ciência), combinados com pesquisas de ciências cognitivas como a psicologia. Esta combinação leva para uma descrição da ciência: qual seu funcionamento, como os cientistas operam em um grupo social, como a sociedade reage ao empreendimento científico (MCCOMAS, 2008). Isto pode abranger desde questões internas, tais como método científico e relação entre

experimento e teoria, até outras externas, como a influência de elementos sociais, culturais, religiosos e políticos na aceitação ou rejeição de ideias científicas e até os dilemas éticos em que viviam os cientistas.

Esta sequência didática consiste em 4 atividades, planejadas para aproximadamente 7 horas de aula. Inicialmente essa proposta foi criada para ser utilizada presencialmente para estudantes do ensino fundamental II, porém em virtude da pandemia de COVID-19, tivemos que adaptá-la para a forma remota e síncrona utilizando o google meet. Esta intervenção foi desenvolvida na Cooperativa de Ensino de Bambuí, em uma turma do nono ano do ensino fundamental II.

Na tabela a seguir, propomos uma distribuição das aulas:

Quadro 1 – Síntese da distribuição das aulas da sequência didática.

ATIVIDADES	TEMA	DURAÇÃO
ATIVIDADE 1	Um debate sobre modelos planetários	Duas aulas de 50 minutos
ATIVIDADE 2	Reflexões sobre a natureza da ciência e as percepções dos alunos sobre o desenvolvimento científico	Uma aula de 50 minutos
ATIVIDADE 3	Visões de natureza da ciência a partir de estudos sobre Galileu	Duas aulas de 50 minutos
ATIVIDADE 4	Dilemas éticos na vida de Galileu	Duas aulas de 50 minutos

Fonte: Moraes (2022).

No próximo capítulo, detalharemos de forma mais minuciosa as atividades e as estratégias a serem utilizadas durante esta intervenção pedagógica.



DETALHAMENTO AULA A AULA

As atividades apresentadas a seguir, dependem umas das outras, formando assim uma sequência lógica. Inicialmente se discute sobre os modelos geocêntricos e heliocêntricos através de um debate guiado entre os alunos. Ademais, estuda-se também sobre a figura do cientista Galileu Galilei, apresentando-o através de diversas versões. Permitindo assim, durante esta sequência, analisarmos visões dos alunos sobre a NdC, problematizarmos visões equivocadas sobre a figura do cientista e também quais os posicionamentos éticos dos discentes utilizando os conflitos entre o cientista e a igreja.

Essa sequência pode ser alterada, ficando assim sobre decisão do docente como trabalhá-las. Esse grupo de atividades pode ser utilizado tanto para casos de introdução dos conceitos quanto para situações nas quais os alunos já trazem consigo algum conhecimento sobre revolução copernicana e modelos planetários, além dos acontecimentos históricos envolvidos no desenvolvimento dos conceitos. A seguir, apresentaremos detalhadamente aula a aula os aspectos a serem abordados durante esta sequência didática.

Atividade 1: Um debate guiado sobre os modelos planetários¹

Tempo Estimado: Duas aulas de 50 minutos.

Objetivo Geral: Promover discussões sobre NdC e suas visões equivocadas.

Objetivos Específicos:

- Empregar argumentos históricos sobre geocentrismo e heliocentrismo em um debate do tipo júri simulado.
- Aprender sobre a relação entre teorias astronômicas e o embasamento de teorias, discutindo o conceito de *provas* na ciência.
- Reconhecer que o conhecimento científico tem um caráter provisório, mas embasado por evidências.

Recursos de Ensino:

- Celular e/ou Computador com acesso à internet.
- Google Meet.
- Argumentos em defesa dos modelos planetários - apêndice 1.2 e 1.3.
- Vídeo “sistema ptolomaico - comparações”.²

Dinâmica da Aula:

A aula inicia com uma conversa sobre a história da evolução dos modelos planetários desde filósofos na Grécia Antiga, com suas interpretações de observações astronômicas até o modelo geocêntrico. Logo após, propõe-se que a turma se divida em dois grupos e estes grupos são divididos aleatoriamente entre defensores do geocentrismo e defensores do heliocentrismo. Estes grupos se guiarão pelo texto que se encontra no Anexo B e possivelmente construir argumentos para a defesa do seu modelo planetário através de um debate guiado. Uma sugestão complementar a este debate se encontra no vídeo intitulado “sistema ptolomaico – comparações”. Neste vídeo uma simulação computacional em forma de animação mostra como ambos os sistemas, geocêntrico e heliocêntrico, possuem argumentos que explicam as fases do planeta Vênus. Inicialmente a Terra encontra-se no centro e o sol e o planeta a órbita

¹ Proposta retirada do curso completo de Astronomia de 2011 oferecido pelo grupo de pesquisa SPUTNIK.

² Link para a animação: <https://www.youtube.com/watch?v=y5vqAUbbHUY>

em forma de círculos e adiante apresenta como são explicadas estas fases no modelo heliocêntrico. O vídeo pode ser exibido antes dos grupos se reunirem ou durante a reunião para fomentar as discussões.

O objetivo deste debate que ocorrerá a seguir não é que um grupo saia vencedor, mas sim, além da conceituação dos modelos, mostrar que ambos possuem argumentos fortes para sua defesa e problematizar a ideia de que o Heliocentrismo não é uma verdade absoluta, inquestionável, que foi provada. O conhecimento científico tem um caráter provisório. As teorias são aceitas como verdadeiras temporariamente, de forma que sempre existe a possibilidade de que qualquer teoria seja descartada no futuro, caso surja uma teoria rival melhor embasada. Por outro lado, não devemos achar que, como as teorias científicas não são verdades absolutas, então elas não seriam confiáveis. Em cada época, os cientistas usam diversos tipos de argumentos para sustentar suas teorias, produzindo resultados valiosos e duráveis, mesmo que não definitivos³.

Finalmente, mediado pelo professor, o debate ocorre e as conclusões e reflexões que surgirem durante o momento devem ser anotadas no diário de anotações do professor e a avaliação dos estudantes se dá através da participação efetiva nas discussões e no debate durante o desenvolvimento. O papel do professor aqui é questionar, provocar a dúvida e gerar interesse pela discussão. Ao final deste debate, o professor propõe as questões para reflexão e para serem respondidas, estas questões orientam as discussões sobre natureza da ciência que ocorrerão na atividade 2.

As questões que estão sugeridas no anexo C permitem que os alunos possam refletir sobre a aceitação de um modelo planetário, além de promover reflexões sobre como um modelo passa a ser o mais aceito perante ao outro. Permitem ainda o início de discussões sobre as influências humanas sobre a atividade científica e as relações de poder na ciência.

A seguir encontramos sínteses dos momentos da atividade 1:

³ Na dissertação, apresentamos um resumo dos debates acadêmicos envolvendo a “natureza da ciência”, e como a questão de a ciência ser provisória, mas bem embasada é um “consenso” pedagógico, mas ainda discutido e debatido no âmbito da filosofia da ciência.

Quadro 2 – Uma síntese dos momentos da atividade 1.

MOMENTO 1:	▪ Introdução do professor sobre os temas envolvendo HFC e natureza da ciência, explicando o que é e a importância de utilizá-las no ensino. ▪ Expor aos alunos que durante a aplicação desta sequência estudaremos a revolução copernicana.
MOMENTO 2:	▪ Uma breve introdução sobre o desenvolvimento dos modelos planetários mais aceitos até o modelo geocêntrico.
MOMENTO 3:	▪ Proposta de um debate entre modelos planetários guiados através dos argumentos presentes no Anexo B e divisão dos grupos para a construção da defesa do seu sistema planetário.
MOMENTO 4:	▪ Realização do debate e contraposição de ideias entre os sistemas geocêntrico e heliocêntrico.
MOMENTO 5:	▪ Encerramento do debate, análise das conclusões dos estudantes perante a todo debate, propostas de reflexão para a próxima aula e avaliação em grupo dos momentos anteriores.
MOMENTO 6:	▪ Leitura e respostas às questões do questionário presente no anexo. Estas questões facilitarão as discussões e reflexões da próxima atividade.

Fonte: Moraes (2022).

Argumentos para o debate: heliocentrismo x geocentrismo

Parte 1: Defesa do modelo heliocêntrico

As Luas de Júpiter

Galileu olhou para o céu com seu pequeno instrumento e viu o já conhecido planeta Júpiter. Em sucessivas observações ele notou algo estranho: apareciam certos “pontos brilhantes” em volta do planeta, que ele chamou de estrelas, e esses “pontos brilhantes” mudavam de configuração com o passar do tempo.

Palavras de Galileu com relação à sua observação:

“(…) no dia sete de janeiro do presente ano de 1610, à primeira hora da madrugada, enquanto contemplava com o telescópio os astros celestes, apareceu Júpiter (...) percebi (...) que o acompanhavam três pequenas estrelas, pequenas sim, mas em verdades claríssimas; (...) Sua disposição mútua com relação a Júpiter era:

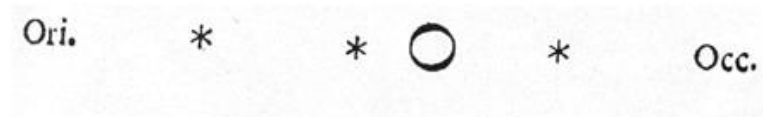


Figura 1: Observações de Galileu sobre as luas de Júpiter.

“(...) tendo voltado a contemplá-las no dia oito, não sei por que razão, observei uma disposição diferente (...)”

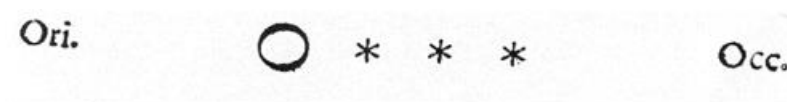


Figura 2: Observações de Galileu sobre as luas de Júpiter.

“(...) no décimo dia de janeiro as estrelas apareceram nesta disposição com relação a Júpiter:”

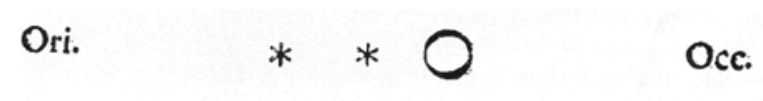


Figura 3: Observações de Galileu sobre as luas de Júpiter.

Galileu interpretou que estas “estrelas” eram corpos girando ao redor de Júpiter, eu seja, satélites, como a nossa Lua.

Mercúrio e Vênus Perto do Sol

Copérnico já havia defendido o sistema Heliocêntrico antes de Galileu, em 1543. Seu principal argumento era a maneira concisa pela qual sua teoria explicava diversas características do movimento planetário, que só poderiam ser explicadas pela teoria rival de Ptolomeu de um modo prolixo e artificial. O fato observado era de que, diferentemente dos outros planetas, Mercúrio e Vênus permanecem sempre na proximidade do Sol. Estes dois planetas só podem ser vistos no céu poucas horas depois do Sol se pôr e poucas horas antes de ele nascer. Vênus, muito brilhante, é por isso conhecida como Estrela D’Alva, Estrela da Manhã, ou outros nomes similares. Esta é uma consequência natural do sistema Heliocêntrico uma vez que fica estabelecido que as órbitas de Mercúrio e Vênus estão no interior da órbita da Terra. No sistema Geocêntrico, as órbitas do Sol, Mercúrio e Vênus têm que ser artificialmente ligadas para que se alcance o resultado desejado.

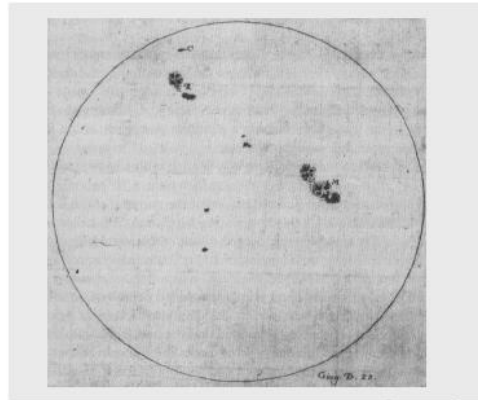


Figura 5: Manchas solares, desenhadas por Galileu Galilei.

Proposta: Através destes argumentos e de sua pesquisa própria, construa a defesa do modelo heliocêntrico.

Parte 2: Defesa do modelo geocêntrico

Observação cotidiana

Nós já estudamos que o Sol se move no céu, nascendo todos os dias no lado leste, subindo no céu até atingir seu ponto mais alto próximo ao meio-dia, e então passa a descer, se pondo no lado oeste. Os povos antigos que observavam isso, propunham o que parece mais natural: a Terra está parada e o Sol em movimento, pois gira ao redor da Terra. De fato, a Terra não parece se mover. Quando estamos em movimento, numa bicicleta, carro ou ônibus, por exemplo, é comum sentir o vento batendo em nossos cabelos, empurrões quando fazemos curvas ou paramos bruscamente. Quando estamos na Terra não sentimos ventos fortes sempre na mesma direção, nem somos arremessados para fora.

A rotação da Terra e o argumento da Torre

Quando jogamos uma pedra exatamente para cima, ela cai em cima de nós, certo? Mas quando propuseram que a Terra girasse, não foi o que disseram. Os críticos da rotação da Terra diziam que, enquanto a pedra estivesse no ar, a Terra giraria um pouco, de forma que, quando voltasse ao chão, a pedra estaria um pouco mais atrás (ou à frente) de quem jogou. Mas isso não é o que acontece!

Se a Terra gira sobre seu eixo e gira ao redor do Sol, como supunha Copérnico, então qualquer ponto da superfície da Terra vai deslocar-se uma distância considerável em um segundo. Se uma pedra é jogada do alto de uma torre construída sobre a Terra em movimento, ela vai executar seu movimento natural e cair em direção ao centro da Terra.

Enquanto ela estiver fazendo isso, a torre estará partilhando do movimento da Terra, devido à sua rotação e translação. Consequentemente, quando a pedra alcançar a superfície da Terra a torre terá se afastado da posição que ocupava no começo. Esta deverá, portanto, atingir o solo a alguma distância do pé da torre. Mas isso não acontece na prática. A pedra atinge o solo na base da torre. Isso não nos mostra que a Terra não pode girar?

Como os aristotélicos afirmam que todo movimento pode ser observado, então, solta-se uma pedra do alto de uma torre, ela cai, a cada momento, sempre paralela à torre até cair no chão, ao lado da torre. Ou seja, não se consegue perceber nenhum outro movimento, a não ser o movimento vertical da pedra. Como os aristotélicos afirmam que todo movimento pode ser observado, a Terra só pode estar parada; se a Terra estivesse se movimentando, perceber-se-ia algum outro movimento da pedra, e não só o movimento vertical.

O que Galileu propõe é o seguinte: a Terra se move. Mas como é que se mostra isso? Ele usa o argumento dos aristotélicos da queda dos corpos, que a princípio mostrava que a Terra não pode se mover, para sustentar a ideia oposta!

Tanto a pedra, como o sujeito, a torre, a Terra, todos estão fazendo um mesmo movimento. Quando a pedra foi largada, ela já estava girando junto com a Terra. Mas como ele poderia sustentar este argumento?

Para sustentar sua ideia ousada, de que a Terra está em movimento, Galileu propôs outra ideia igualmente duvidosa para a época, que hoje identificamos como a lei da inércia. “Ah! Mas acontece que todo corpo tende a permanecer no seu estado de movimento, todo corpo não é capaz de, por si só, mudar o seu estado de movimento.” Porém a lei da inércia como conhecemos hoje, só foi formulada posteriormente por Newton. Galileu começou a formular as bases de uma nova física, diferente da que era predominante na época, a física Aristotélica.



Figura 6: Argumento da torre.

Proposta: Através destes argumentos e de suas pesquisas próprias, construa o argumento de defesa do sistema geocêntrico.

Questões para reflexão sobre NdC

- Sabemos que tanto o heliocentrismo quanto o geocentrismo possuem fortes argumentos em sua defesa, como um se sobressai perante ao outro?
- O argumento de uma pedra sendo jogada da torre era usado pelos defensores do geocentrismo para argumentar que a Terra não pode se mover. A partir das mesmas observações, do mesmo experimento, Galileu chegou em uma visão oposta. Como isso é possível? Na ciência um experimento pode ter mais que uma interpretação correta?
- Qual seu veredicto sobre o debate? Quais os argumentos você escolheu para tomar sua posição?
- "Nos tempos antigos, os homens eram estúpidos e acreditavam que a Terra era plana e estava no Centro do Universo. Mas depois chegou a ciência que iluminou nossas mentes: finalmente descobrimos a Verdade: que a Terra gira em torno de si e do Sol, que é atraída pela gravidade do Sol. Grandes foram aqueles homens como Copérnico, Galileu e Newton, que foram capazes de superar o misticismo e a repressão da igreja no mundo em que viviam e, olhando por cima dos ombros dos gigantes, conseguiram enxergar a Verdade." Comente, através de um pequeno texto, esta citação a luz de seus conhecimentos prévios.

Atividade 2: Reflexões mediadas sobre NdC
--

Tempo Estimado: Uma aula de 50 minutos.

Objetivo Geral: Promover discussões sobre NdC e suas visões equivocadas.

Objetivos Específicos:

- Problematizar visões equivocadas sobre o desenvolvimento científico, como o empírico-indutivismo e relativismo ingênuos.
- Reconhecer que não existe um método científico único, rígido, algorítmico.
- Reconhecer que as teorias científicas não são provadas experimentalmente.
- Perceber que a partir dos mesmos dados observacionais diferentes interpretações são possíveis, sendo o desacordo comum entre cientistas.

Recursos de Ensino:

- Celular e/ou Computador com acesso a internet.
- Apêndice 1.2 respondido.
- Google Meet.

Dinâmica da Aula:

A aula se inicia com a leitura voluntária dos alunos sobre suas respostas do Apêndice 1.3 e com o professor recolhendo as respostas de forma presencial ou virtual. Espera-se que estas respostas permitam ao professor explorar com seus alunos fatores relacionados à importância das discordâncias e da coletividade na construção da ciência (problematizar a genialidade de determinado cientista que foi o único responsável por descobrir certa teoria que leva seu nome), o papel do experimento para a elaboração de leis e princípios e a relação entre teoria e observação. É importante ressaltar que novas questões podem surgir durante as discussões, a riqueza dos detalhes da aplicação e reflexão deste questionário é livre para que o professor mediador faça suas próprias observações. A principal ideia aqui é que o aluno se questione sobre o que está “por trás” dos passos que o manual descreve para reproduzir algum experimento que foi decisivo no estabelecimento de

teorias, como as teorias se sobressaem perante as outras e também reflita sobre a não linearidade do desenvolvimento científico.

Esperamos também com estas respostas verificar visões e posicionamentos dos alunos quanto a NdC, como por exemplo concepções racionalistas, relativistas ou também um posicionamento moderado entre estes extremos. O Quadro a seguir, auxiliará o professor na classificação destes posicionamentos e em futuras discussões.

Quadro 3 – Concepções filosóficas opostas sobre o desenvolvimento científico

CONCEPÇÃO EMPÍRICO- INDUTIVISTA	Consiste na concepção de que as observações e experiências científicas são neutras e livres de hipóteses ou suposições teóricas. Atribui excessiva importância à atividade empírica, como se esta consistisse em uma série de “descobertas” que se acumulam ao longo de um processo de contínua evolução.
CONCEPÇÃO RACIONALISTA	Os adeptos desta visão dão mais atenção aos conteúdos da ciência. Esta categoria é inspirada na epistemologia de Lakatos, onde defende-se que a história externalista da ciência tem papel secundário comparado com a reconstrução racional da história.
POSICIONAMENTO MODERADO	Se enquadram neste tipo de posicionamento aqueles que não convergem para os dois extremos positivistas e racionalistas. Classificamos como um posicionamento moderado as visões que buscam um equilíbrio entre internalismo e externalismo. Como por exemplo, aqueles que defendem o valor das normas que regulam as comunidades científicas, porém reconhecem que eventualmente os cientistas podem agir em desacordo com estas normas. Diversos filósofos da ciência adotam uma postura moderada, como por exemplo Thomas Kuhn.
RELATIVISTA	Respostas que se enquadram nesta visão são aquelas em que os alunos enfatizam aspectos sociais da ciência, dando mais atenção aos aspectos sócio históricos do que ao conteúdo. Esta categoria é inspirada no anarquismo epistemológico de Feyerabend.

Fonte: Moraes (2022).

O apêndice 1.3 respondido, as anotações do professor em seu diário de campo e a gravação desta aula através do google meet serve de material para coleta de dados sobre a aplicação da pesquisa. A avaliação dos estudantes se dá através das respostas ao apêndice e da participação efetiva durante o desenvolvimento.

Contudo, encerra-se aqui o REO 1, ao fim deste momento o professor tem a liberdade de fazer uma pequena introdução sobre os próximos passos, a seguir iniciaremos a discussão sobre a figura de Galileu.

Abaixo encontramos sínteses dos momentos da atividade 2:

Quadro 4 – Síntese dos movimentos da atividade 2.

MOMENTO 1:	▪ Leituras voluntárias das respostas do Anexo C
MOMENTO 2:	▪ Discutir visões prévias sobre Ndc e alguns posicionamentos prévios dos alunos através do debate e das respostas do Anexo C.
MOMENTO 3:	▪ Reflexões em grupo mediada pelo professor sobre as respostas. Sugere-se que o professor externalise a seus alunos como podem ser classificadas algumas de suas visões prévias e permitir que todos reflitam sobre supostas visões equivocadas da natureza da ciência, como empírico-indutivismo e relativismo ingênuo.
MOMENTO 4:	▪ Encerramento das análises das respostas e discussões entre os grupos e uma introdução aos próximos passos desta sequência.

Fonte: Moraes (2022).

Atividade 3: Visões de natureza da ciência a partir de estudos sobre Galileu ⁴
--

Tempo Estimado: 2 aulas de 50 minutos cada

Objetivo Geral: Promover discussões sobre NdC e suas visões equivocadas.

Objetivos Específicos: Problematizar visões equivocadas sobre a figura do cientista, como o racionalismo e relativismo ingênuos.

Recursos de Ensino:

- Celular e/ou Computador com acesso a internet.
- Google Meet.
- Trechos da peça teatral “A vida de Galileu”⁵ de Bertold Brecht disponível no Anexo D (parte 1) e o Anexo D (Parte 2) intitulado como “Galileu: um manipulador de ideias”.⁶

Dinâmica da aula:

A aula inicia com uma conversa sobre a obra do cientista italiano Galileu Galilei em forma de exposição feita pelo professor. Logo após, propõe-se que a turma se divida em dois grupos. Estes grupos são divididos aleatoriamente. Cada grupo deve receber um dos textos que aborda a biografia do cientista de forma completamente diferente.

O grupo 1 recebe um texto retirado da peça teatral “A vida de Galileu” de Bertold Brecht, esta peça de teatro renascentista propõe uma visão romântica e racionalista de Galileu, em alguns trechos o cientista é tratado com um olhar romântico de super herói infalível e pai do método científico.

O grupo 2 recebe uma versão diferente sobre a história de Galileu inspirada na obra de Paul Feyerabend. Este texto aborda Galileu de uma forma completamente diferente do texto 1, aqui Galileu utiliza-se de “propaganda” (truques psicológicos e táticas persuasivas para induzir a aceitação de novas idéias) para reforçar os

⁴ Atividade inspirada na obra “Galileu-um cientista e várias versões” (ZYLBERSZTAJN, 1988).

⁵ O texto completo da obra de Brecht se encontra disponível em <http://www.fc.unesp.br/~lavarda/galileu/index.htm>

⁶ Texto inspirado na obra de Paul Feyerabend “Contra o método”.

argumentos com os quais conta a seu favor, questiona o uso do telescópio e os métodos usados pelo cientista durante o processo de construção da teoria heliocêntrica.

Durante as leituras, é proposto a ambos os grupos questões para as reflexões do grupo: Quais são as visões acerca da figura do cientista fomentada pelo texto? Vocês concordam com estas visões? Os grupos além de refletirem sobre estas questões e sobre o seu material prepararam uma pequena apresentação deste para o grupo oposto.

O objetivo deste conflito de visões vai além da reflexão sobre a figura do cientista. Aqui existe uma possibilidade de se discutir também como é construído o conhecimento científico e ainda podemos problematizar como a história da ciência é contada.

Finalmente, mediado pelo professor, a contraposição de ideias ocorre e as conclusões, reflexões e debates entre os alunos devem ser anotadas no diário de anotações do professor e a avaliação dos estudantes se dá através da participação efetiva durante o desenvolvimento.

Logo após, propõe-se aos alunos o Anexo E, nele apontamos questões orientadoras para a reflexão após o debate em torno da figura do cientista. Este apêndice deve ser respondido após a contraposição das diferentes visões sobre o cientista e a próxima aula se iniciará com discussões sobre as respostas e com o professor colhendo as respostas para futuras análises, algumas destas questões provocam reflexões sobre o papel do cientista e uma introdução às discussões de ética na ciência.

Abaixo encontramos sínteses dos momentos da atividade 3:

Quadro 5 – Síntese dos momentos da atividade 3.

MOMENTO 1:	▪ Introdução do professor sobre a vida de Galileu Galileu.
MOMENTO 2:	▪ Divisão da turma em grupos e proposta de leituras de dois textos diferentes: Um grupo recebe um texto que expõe Galileu como um cientista herói e vítima da inquisição e o outro grupo recebe outra visão da figura de Galileu. Um cientista cheio de estratégias de convencimento para fortalecer suas observações.
MOMENTO 3:	▪ O professor deve mediar a leitura e propor intervenções durante a construção da apresentação das ideias de um grupo para outro.
MOMENTO 4:	▪ Encerramento das análises dos textos e discussões entre os grupos sobre as vi diferentes percepções sobre o mesmo cientista.

Fonte: Moraes (2022).

Parte 1: Galileu Galilei – um herói vítima da inquisição

A vontade de Galileu era que a igreja aceitasse suas observações e suas provas e as considerasse perante as idéias aristotélicas. Galileu se sente mal com a necessidade explícita em renegar seu trabalho perante a inquisição, porém não se porta como alguém disposto a mudar de idéia. no diálogo abaixo o cientista conversa com seu aluno Andrea Sarti sobre este dilema:

Galileu: Eu terminei os *Discorsi*.

Andrea: Os *Diálogos* sobre duas ciências novas: a mecânica e a queda dos corpos? Aqui?

Galileu: Eles me dão tinta e papel. Os meus superiores não são tontos. Eles sabem que vícios arraigados não se arrancam de um dia para o outro. Eles me protegem das consequências desagradáveis, me tomando as folhas, uma por uma.

Andrea: Meu Deus!

Galileu: Você disse alguma coisa?

Andrea: O senhor, lavrando água! Eles lhe dão papel e tinta para que o senhor se acalme! Como é que o senhor pôde escrever, com essa finalidade diante dos olhos?

Galileu: Eu sou escravo dos meus hábitos.

Andrea: Os *Discorsi* nas mãos dos padres! E Amsterdã e Londres e Praga dariam tudo por eles!

Galileu: Eu imagino as lamentações de Fabrizio, sacudindo a cabeça, mas em segurança, em Amsterdã.

Andrea: Dois ramos novos do conhecimento, a mesma coisa que perdidos!

Galileu: Certamente será animador, para ele e mais alguns outros, saber que pus em jogo os últimos míseros restos de meu conforto para fazer uma cópia, atrás de minhas costas, por assim dizer, usando os restos de luz das noites claras de seis meses.

Andrea: O senhor tem uma cópia?

Galileu: A minha vaidade me impediu até agora, de destruí-la. Andrea: Onde ela está?

Galileu: 'Se o teu olho te irrita, arranca o olho fora.' Quem quer que tenha escrito essa frase, sabia mais sobre o conforto do que eu. Suponho que seja o pináculo de estupidez entregar essa cópia. Mas como eu não consegui deixar o trabalho científico, tanto faz, vocês fiquem com ela. A cópia está no globo. Se você estiver pensando em levá-la para a Holanda, a responsabilidade é toda sua. Nesse caso, você teria comprado de alguém que tem acesso ao original, no Santo Ofício. *Andrea vai até o globo. Tira a cópia de dentro dele.*

Andrea: Os *Discorsi*! Folheia o manuscrito.

Andrea lê: 'O meu propósito é expor uma ciência novíssima que trata de um assunto muito antigo, o movimento. Através de experimentos descobri algumas de suas propriedades que são dignas de ser conhecidas.'

Galileu: Precisava empregar o meu tempo nalguma coisa! Andrea: Isto vai fundar uma nova física.

Galileu: Ponha debaixo do casaco.

Andrea: E nós achávamos que o senhor tinha desertado. A minha voz era a que gritava mais alto contra o senhor!

Galileu: É assim que devia ser. **Eu lhe ensinei a ciência, e eu abjurei a verdade.**

Andrea: O senhor escondeu a verdade, diante do inimigo. Também no campo da ética o senhor estava séculos adiante de nós.

Galileu: Explique isso, Andrea.

Andrea: Como o homem da rua, nós dizíamos: **ele vai morrer, mas não renega jamais**. O senhor voltou: eu reneguei, mas vou viver. Nós dizíamos: as mãos dele estão sujas. O senhor diz: melhor sujas do que vazias.

Parte 2: Galileu Galilei – um manipulador de ideias

No período chamado de revolução científica Galileu esteve intensamente envolvido em discussões sobre queda de corpos e organização e funcionamento do universo. Em 1587, Galileu já havia deixado um incômodo na igreja católica devido a sua interpretação neutra sobre o famoso “Inferno de Dante”. Neste trabalho o cientista deixa a entender que na ausência de evidências concretas sobre o “inferno de Dante”, qualquer ideia ou especulação torna-se válida a respeito do assunto. Entretanto, em 1606 seus posicionamentos começam a repercutir.

Seria um equívoco, pensarmos que as conclusões de Galileu eram somente baseadas em suas observações e medidas experimentais. Antes de realizar seus experimentos, o cientista fazia todo um planejamento com a finalidade de construir e aperfeiçoar seu instrumento para alcançar medidas, cada vez mais, precisas e exatas. Com o uso de sua luneta astronômica, Galileu observa satélites em Júpiter, estuda a superfície lunar e o movimento de diversos planetas. Todas estas observações reforçam a sua crença no heliocentrismo e assim Galileu passa a debater com os que se opusessem à sua tese e conseqüentemente aumenta sua relação conflituosa com a igreja

O instrumento aperfeiçoado por Galileu introduziu ainda um conjunto de problemas novos, com os quais ele teria de se confrontar ao longo da vida. Como justificar que as observações não eram meras ilusões ópticas, quando imediatamente, verificava-se que as lunetas também geravam, com facilidade, ilusões ópticas? Como aceitar o resultado de um instrumento, cujo funcionamento não se compreendia, nem se sabia explicar completamente? Deve-se notar que o telescópio foi o primeiro instrumento artificial a ser usado no estudo da natureza. Cientistas aristotélicos, que negavam a existência dos satélites de Júpiter e recusaram-se a olhar pelo telescópio, alegaram que ele produzia efeitos caleidoscópicos. Apesar disso, no entanto, Kepler, que já era um dos astrônomos mais respeitados da época, deu imediato aval às descobertas de Galileu, enviando-lhe uma

carta confirmando a existência dos satélites. O livro se tornou um enorme sucesso e Galileu ficou famoso em toda a Europa.

Galileu tinha se tornado célebre com seus descobrimentos astronômicos e com sua facilidade de vender suas idéias. Ele não escrevia em latim, como era costume dos estudiosos, ele escrevia em italiano e de forma bem didática, o que proporcionou uma ampliação de leitores (nobres políticos e religiosos). Ele tinha grande facilidade para divulgar seu trabalho. As suas duas principais obras são escritas na forma de uma conversa na qual as idéias de Simplicio, o interlocutor aristotélico, são sistematicamente rebatidas, e algumas vezes ridicularizadas, por Salviati. No “Diálogo sobre os dois principais sistemas do mundo”, o objetivo de Salviati é o de desarmar as críticas anti-copernicanas de Simplicio e convencê-lo (e ao leitor, é claro) a aceitar uma nova interpretação da natureza.

“... em 1610 com o Sidereus Nuncius, primeira obra publicada por Galileu, ele anuncia o famoso conjunto de observações astronômicas feitas com o uso de um **“óculos especial”** aperfeiçoado a partir de notícias e relatos de alguns exemplares do instrumento. Esse pequeno **texto de caráter em grande medida panfletário**, pois que, nele, os protocolos de observação são apresentados com um fim claro de **divulgação e de propaganda**, veiculava, como bem o sabia seu autor, notícias capazes de subverter a visão cosmológica estabelecida desde a Antiguidade, consolidada culturalmente pela teologia cristã e pelo ensinamento universitário oficial.” (MARICONDA, 2000).

Os professores aristotélicos, que eram muitos e poderosos, sentiam que os argumentos de Galileu contradiziam sua ciência, e às vezes passavam ridículo. Estes professores atacaram seriamente a Galileu e, quando se acabavam as respostas, alguns recorreram aos argumentos teológicos (a pretendida contradição entre Copérnico e a Bíblia). Além disto, a Igreja católica era naqueles momentos especialmente sensível para com aqueles que interpretavam por sua conta a Bíblia, afastando-se da Tradição, porque o enfrentamento com o protestantismo era muito forte. Em relação a Galileu, a função da igreja era proteger as pessoas de serem corrompidas por uma ideologia estreita que podia funcionar em domínios estritos, mas era incapaz de sustentar uma vida harmoniosa.

Galileu se defendeu de quem dizia que o heliocentrismo era contrário à Bíblia explicando por que não era, mas com isto se fazia de teólogo, o que era considerado

então como algo perigoso, sobretudo quando, como neste caso, se afastava das interpretações tradicionais. Tornava-se assim, muito mal visto que um profano pretendesse dar lições aos teólogos, propondo algumas novidades um tanto estranhas.

Questões para as discussões em torno da figura do cientista

- Nos livros didáticos, mídias, filmes, séries ou jornais que você teve acesso até hoje, a figura do cientista se assemelha mais com o primeiro ou segundo texto? Por quê? Faça um breve parágrafo comparando as visões dos dois textos com aquelas que você teve acesso até antes desta aula.
- Qual o papel desempenhado pelo cientista Galileu na revolução copernicana?
- As revelações apresentadas por Galileu causaram mais revolta ou vislumbre entre os aristotélicos da época?
- Quais as dificuldades Galileu teve para afirmar suas observações através do telescópio? Existia na época uma teoria óptica que explicava o funcionamento deste instrumento?
- Quais os motivos levaram a igreja a perseguir o cientista? Estes motivos são justos?
- Se colocando na figura de Galileu, o que você faria? Abjurar de seus ideais pelo medo das consequências futuras de suas escolhas ou defenderia a verdade até o fim independentemente das consequências? Escreva um pequeno texto defendendo seu posicionamento e exemplificando sua escolha.

Atividade 4: Uma discussão sobre os dilemas éticos vividos por Galileu

Tempo Estimado: Duas aulas de 50 minutos cada.

Objetivo Geral: Promover discussões sobre NdC e suas visões equivocadas.

Objetivos Específicos:

- Problematicar visões equivocadas e distorcidas sobre a figura do cientista, como por exemplo, o fato de serem gênios isolados ou super heróis.
- Refletir sobre as relações entre ciência e religião no período da revolução copernicana

Recursos de Ensino:

- Celular e/ou Computador com acesso a internet.
- Anexo E respondido.
- Google Meet.

Dinâmica da aula:

A aula inicia-se com a leitura voluntária das respostas dadas pelos alunos às perguntas presentes no anexo E. O objetivo aqui é problematizar as visões ingênuas dos alunos sobre o trabalho do cientista, caracterizado quase sempre como um gênio solitário (ignorando-se o papel da participação coletiva), de jaleco branco em um laboratório que sempre busca experimentos extraordinários e grandes descobertas. Assim propõe-se aos estudantes uma reflexão sobre o fazer científico e um confronto com outras formas de pensar e agir, que também estão presentes no desenvolvimento científico.

Torna-se possível também, com auxílio das duas últimas perguntas do anexo E uma possibilidade de se discutir um dilema ético que viveu Galileu Galilei, trabalhando as relações entre ciência e religião no período da revolução copernicana. Estas discussões, em virtude do tempo, não foram aprofundadas durante este trabalho, entretanto acreditamos que sejam um incentivo a este tipo de abordagem.

O objetivo central de todas estas reflexões é mostrar que a ciência é construída por seres humanos comuns, bem como torna-se acessível a todos a ser considerado

um profissional normal como qualquer outro, que trabalha em prol do desenvolvimento científico e tecnológico, porém acerta, erra, pensa, sofre e também passa por dilemas éticos como qualquer ser humano comum. Além disso, podemos, contudo, promover reflexões quanto ao valor moral da ação e a importância das atitudes.

Abaixo encontramos sínteses dos momentos da atividade 4:

Quadro 6 – Síntese dos momentos da atividade 4.

MOMENTO 1:	▪ Leitura voluntária das respostas às perguntas do anexo E.
MOMENTO 2:	▪ Problemática do professor sobre as visões em torno da figura do cientista apresentadas pelos alunos nas respostas das perguntas iniciais do apêndice 1.6 (questões para discussão em torno da figura do cientista), contrapondo estas visões com os textos presentes nos apêndices 1.4 (Galileu, um herói vítima da inquisição) e 1.5 (Galileu um manipulador de idéias)..
MOMENTO 3:	▪ Encerramento das análises das respostas e discussões entre os grupos e encerramento da sequência didática.

Fonte: Moraes (2022).

Aconselhamos que ao fim das discussões desta atividade o professor reforce as principais concepções ingênuas sobre a natureza da ciência e sobre o cientista que foram discutidas ao longo desta intervenção pedagógica, encerrando assim esta sequência didática.



CONSIDERAÇÕES FINAIS

Infelizmente ainda existem muitos cursos de formação de professores de ciências que dão ênfase excessiva aos conteúdos científicos como produtos acabados, com pouca atenção dada para aspectos históricos e filosóficos que permeiam o desenvolvimento científico. Entretanto torna-se importante em sua formação continuada que o professor busque estudar e utilizar este tipo de discussão ao longo de sua prática pedagógica, não ignorando as relações entre aquilo que ensinam e as demais áreas do saber.

A falta de formação inicial do professor é um dos maiores desafios a serem enfrentados. Todos estes obstáculos seriam minimizados se já existisse uma tradição estabelecida em se formar o professor para lidar de modo consciente e crítico com todos esses obstáculos (GIL PEREZ et al., 2001; MARTINS, 2007).

Nesse sentido, torna-se necessária uma compreensão da natureza da ciência que se ensina, para tal, compreender os grandes momentos da história, como por exemplo, a revolução copernicana, torna-se essencial em sua práxis. Além disto, surge um novo desafio: construir materiais didáticos que permitam também ao aluno este tipo de reflexão.

Outro desafio encontrado durante a intervenção pedagógica foi a falta de costume dos alunos quanto a este tipo de abordagem. Acostumados com abordagens baseadas em metodologias tradicionais que envolvem memorização de conceitos, fórmulas e métodos, refletir sobre questões mais abrangentes sobre o desenvolvimento científico também se tornou um desafio. Entretanto pensamos ser necessário que as atividades relativas ao ensino e aprendizagem considerem também variáveis inerentes ao próprio conhecimento científico.

Gostaríamos de ressaltar que a ideia de ciência obediente a regras fixas e a padrões imutáveis se encontram fortemente presentes nas discussões em sala de aula. Em muitas reflexões, emerge o argumento de existir regras e padrões gerais

para guiar o desenvolvimento científico e também a ideia de que os experimentos exercem papel revelador da verdade é persistente na visão dos alunos que tendem a uma postura mais racionalista e pouco relativista.

Este trabalho busca evidenciar a necessidade de promover em sala de aula discussões que familiarizem os alunos com o ato de se fazer ciência e com as estratégias utilizadas durante o desenvolvimento científico.

É importante que um estudante consiga, além da compreensão de equações, modelos e teorias científicas, refletir sobre como ocorre o desenvolvimento científico. Para isso, acreditamos que o nosso estudo sobre a revolução copernicana, a construção desta proposta pedagógica e a participação dos alunos foi essencial.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRECHT, Bertolt. A vida de Galileu. Abril, 1977.

FEYERABEND, Paul K. **Contra o método**. Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1989.

MARICONDA, Pablo Ruben. O Diálogo de Galileu e a condenação. **Cadernos de História e Filosofia da Ciência**, v. 10, n. 1, p. 77-160, 2000.

MARTINS, André Ferrer Pinto. História e filosofia da ciência no ensino: há muitas pedras nesse caminho. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 24, n. 1, p. 112-131, 2007.

MCCOMAS, William F. Seeking historical examples to illustrate key aspects of the nature of science. **Science & Education**, v. 17, n. 2, p. 249-263, 2008.

Gil Pérez, D., Fernández Montoro, I., Carrascosa Alís, J., Cachapuz, A., & Praia, J. (2001). Para uma imagem não deformada do trabalho científico. *Ciência & Educação*, 7(02), 125-153.

ZYLBERSZTAJN, Arden. Galileu: um cientista e várias versões. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 5, n. 4, p. 36-48, 1988.

A RESPEITO DOS AUTORES

Gabriel Henrique Geraldo Chaves Morais

Licenciado em Física e professor de física e ciência atuante no ensino médio desde 2015. Iniciou sua carreira de pesquisador em história e filosofia da ciência no Programa de pós-graduação em ensino de ciências e educação matemática da UFLA (PPGECM) em 2019.

Alexandre Bagdonas Henrique

Doutor (2011- 2015) e mestre (2009-2011) em Ensino de Física pela Universidade de São Paulo. Licenciado (2008-2011) e Bacharel (2004-2007) em Física também pela USP. Atualmente é professor adjunto da Universidade Federal de Lavras, atuando no curso de Licenciatura em Física e no Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática. Tem atuado como coordenador de área da Física no PIBID e Residência Pedagógica. Os principais interesses de pesquisa são ensino de física e uso da história e filosofia da ciência na educação científica, atuando principalmente nos seguintes temas: história, filosofia e sociologia da ciência no ensino de física, ensino de cosmologia e física moderna e contemporânea, história da cosmologia no século XX. Atua como membro do grupo de Teoria e História dos Conhecimento (TeHCO), liderado pelo professor Ivã Gurgel, na USP.

